MANUAL DO PROFESSOR

#SOU+CIÊNCIAS

Alysson Artuso ✦ Angela Raimondi
Luciane Lazzarini ✦ Vilmarise Bobato

Componente curricular: Ciências • Ensino Fundamental – Anos Finais

9º ANO

editora scipione

Educadores e estudantes,

Este livro integra o Programa Nacional do Livro e do Material Didático (PNLD), executado pelo Fundo Nacional de Desenvolvimento da Educação (FNDE) e pelo Ministério da Educação (MEC). Seu conteúdo passou por diversas etapas avaliativas, visando a garantir a vocês livros didáticos de qualidade.

As obras destinadas aos anos finais do ensino fundamental em 2024 (e que também serão utilizadas nos anos de 2025, 2026 e 2027) terão também uma versão digital. Assim, vocês poderão utilizar seus livros no formato que preferirem. As obras digitais estarão disponíveis no Portal do PNLD, em pnld.fnde.gov.br.

Conversem com a gestão da sua escola, que poderá ajudá-los a acessar todos os livros digitais do Portal. Informações e orientações de acesso aos novos materiais digitais do PNLD podem ser acessadas no link "Livro Digital", disponível em https://www.gov.br/fnde/pt-br/acesso-a-informacao/acoes-e-programas/programas/programas-do-livro.

Para colaborar com o PNLD, todos podem enviar sugestões e ideias para o e-mail livrodidatico@fnde.gov.br. O PNLD é um patrimônio de todos nós.

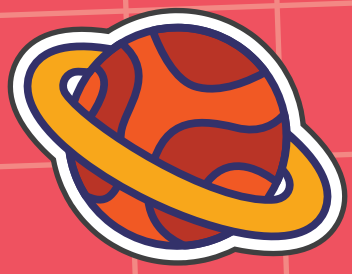
O FNDE deseja um ano letivo de muitas trocas e descobertas!

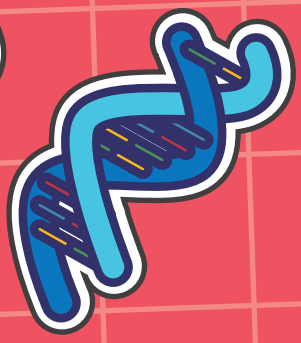
FNDE
Fundo Nacional de Desenvolvimento da Educação

MANUAL DO PROFESSOR

#SOU+CIÊNCIAS

Componente curricular: Ciências • Ensino Fundamental – Anos Finais





9º ANO

Alysson Ramos Artuso

Doutor em Métodos Numéricos em Engenharia pela Universidade Federal do Paraná (UFPR)

Mestre em Educação e licenciado em Física pela UFPR

Atuou como professor de Ciências e Física na rede particular de ensino

Professor de Educação Básica na rede pública de ensino

Angela Cristina Raimondi

Doutora e mestra em Química, área de concentração em Química Inorgânica, pela Universidade Federal do Paraná (UFPR)

Licenciada em Química pela UFPR

Professora de Química no ensino médio e superior na rede particular de ensino

Luciane Lazzarini

Mestra em Ciências Biológicas, área de concentração em Bioquímica, pela Universidade Federal do Paraná (UFPR)

Especialista em Educação, Meio Ambiente e Desenvolvimento e bacharela em Ciências Biológicas pela UFPR

Atuou como professora de Ciências, Biologia e Bioquímica nas redes pública e particular de ensino

Vilmarise Bobato

Licenciada em Ciências Biológicas pela Universidade Estadual de Ponta Grossa (UEPG-PR)

Doutora e mestra em Educação Científica e Tecnológica pela Universidade Federal de Santa Catarina (UFSC)

Atuou como professora de Ciências e Biologia na rede pública de ensino

1ª edição, São Paulo, 2022

editora scipione

"Em respeito ao meio ambiente, as folhas deste livro foram produzidas com fibras obtidas de árvores de florestas plantadas, com origem certificada".

editora scipione

Direção executiva: Flávia Bravin

Direção de negócio: Volnei Korzenieski

Gestão editorial: Alice Ribeiro Silvestre

Gestão de planejamento: Eduardo Kruel Rodrigues

Gestão de projeto digital: Tatiany Renó

Gestão de área: Daniela Teves Nardi

Coordenação de área: Lucas Augusto Jardim

Edição: Regina A. Melo Garcia, Thaís de Oliveira dos Santos, Larissa Prada, Susan Bruna Carneiro Aragão Mendes e Rogério Fernandes Cantelli (digital)

Revisão técnica: Vivian Lavander Mendonça

Planejamento e controle de produção: Vilma Rossi, Camila Cunha, Adriana Souza e Isabela Salustriano

Revisão: Mariana Braga de Milani (ger.), Flavia S. Venezio, Patricia Cordeiro, Sueli Bossi e Vanessa P. Santos

Arte: Claudio Faustino (ger.), Erika Tiemi Yamauchi (coord.), Renato Akira dos Santos (edição de arte), JS Design (diagramação)

Iconografia e tratamento de imagens: Roberto Silva (ger.), Claudia Balista e Marcella Doratioto (pesquisa iconográfica), Emerson de Lima (tratamento de imagens)

Direitos autorais: Fernanda Carvalho (coord.), Emília Yamada, Erika Ramires e Carolyne Ribeiro

Licenciamento de conteúdos de terceiros: Erika Ramires e Tempo Composto Ltda.

Ilustrações: Estúdio Ornitorrinco, Hector Gómez, Raul Aguiar, R2 Editorial e YAN Comunicação

Cartografia: Mouses Sagiorato e Vespúcio Cartografia

Design: Noctua Art (proj. gráfico e capa), Luis Vassallo (Manual do Professor)

Foto de capa: LWA/Dann Tardif/Getty Images

Pré-impressão: Alessandro de Oliveira Queiroz, Pamela Pardini Nicastro, Débora Fernandes de Menezes, Fernanda de Oliveira e Valmir da Silva Santos

Todos os direitos reservados por Editora Scipione S.A.

Alameda Santos, 960, 4ª andar, setor 2
Cerqueira César – São Paulo – SP – CEP 01418-002
Tel.: 4003-3061
www.edocente.com.br
atendimento@aticascipione.com.br

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP)

```
   #Sou+Ciências : 9° ano / Alysson Ramos Artuso...[et al].
-- 1. ed. -- São Paulo : Scipione, 2022.
   (#Sou+Ciências)


Outros autores: Angela Cristina Raimondi, Luciane Lazzarini
e Vilmarise Bobato
Bibliografia
Suplementado pelo manual do professor
ISBN 978-65-5763-263-5 (aluno)
ISBN 978-65-5763-264-2 (professor)

1. Ciências (Ensino fundamental – Anos finais) I. Artuso,
Alysson Ramos

22-2435                                          CDD 372.35
```

Angélica Ilacqua - CRB-8/7057

2022
Código da obra CL 720448
CAE 798167 (AL) / 798168 (PR)
1ª edição
1ª impressão
De acordo com a BNCC.

Envidamos nossos melhores esforços para localizar e indicar adequadamente os créditos dos textos e imagens presentes nesta obra didática. Colocamo-nos à disposição para avaliação de eventuais irregularidades ou omissões de créditos e consequente correção nas próximas edições. As imagens e os textos constantes nesta obra que, eventualmente, reproduzam algum tipo de material de publicidade ou propaganda, ou a ele façam alusão, são aplicados para fins didáticos e não representam recomendação ou incentivo ao consumo.

Impressão e acabamento

Apresentação

Colega professor(a),

Esta coleção foi idealizada e desenvolvida para os estudantes dos anos finais do Ensino Fundamental, levando em consideração o período em que ficaram afastados presencialmente da escola durante a pandemia de covid-19.

Por esse motivo, o objetivo principal da coleção é contribuir para a retomada e a ampliação da construção do conhecimento, sempre tendo como base a alfabetização científica e o desenvolvimento de competências e habilidades. Para isso, trazemos elementos do contexto dos estudantes e oferecemos informações atualizadas, com atividades de interpretação, oralidade e escrita, que são ampliadas no decorrer dos volumes.

Buscamos sempre tornar acessível a interpretação dos fenômenos naturais trabalhados e a aproximação dos estudantes com o fazer científico, abordando aspectos do contexto de produção do conhecimento por vários cientistas, principalmente contemporâneos.

Pensando no seu trabalho em sala de aula, apresentamos propostas que possam ser desenvolvidas em sua realidade ou adaptadas para as necessidades do seu contexto escolar. Além disso, trazemos sugestões de atividades, leituras, experimentos e materiais de consulta para contribuir com suas reflexões e com o planejamento e o desenvolvimento das aulas.

Desejamos a você um bom trabalho e sucesso nessa missão como educador(a)!

Sumário

Orientações gerais VI

#I. Ensino Fundamental – Anos Finais VI

#II. Pressupostos teórico-metodológicos VI

#Reflexões sobre a prática docente VII

#Alfabetização Científica e Tecnológica (ACT) IX

Abordagem Ciência, Tecnologia e Sociedade (CTS) XI

#III. Metodologias e estratégias de ensino XII

#Metodologias ativas XIII

#Mobilização de conhecimentos prévios XV

#Interdisciplinaridade XV

#Contextualização XVI

Temas Contemporâneos Transversais (TCT) XVIII

#IV. BNCC e ensino de Ciências XIX

#Trabalho com as competências gerais XX

#Trabalho com as competências específicas de Ciências da Natureza XXI

#Trabalho com unidades temáticas, objetos de conhecimento e habilidades XXII

#Leitura inferencial XXIII

#Produção de análises críticas, criativas e propositivas XXIV

#Argumentações oral e escrita XXIV

#Investigação científica XXV

As atividades de pesquisa no Ensino Fundamental – Anos Finais XXVI

#Pensamento computacional XXVII

#Protagonismo juvenil XXVIII

#Culturas juvenis XXIX

#Projeto de vida XXIX

#Respeito e diversidade nas escolas XXX

#V. Avaliações XXXI

#Instrumentos avaliativos XXXIII

Exames de larga escala XXXIII

#VI. Organização e estrutura da coleção XXXIV

#Linguagem da obra XXXIV

#Descrição das seções e dos boxes XXXV

#VII. Indicações de leituras, *sites* e vídeos XXXVII

#VIII. Referências bibliográficas comentadas XXXVIII

Orientações específicas XLVII

#Volume 6 XLVII

Sumário XLVII

Justificativa e pertinência do volume XLIX

Objetivos XLIX

Caderno da BNCC para o(a) professor(a): competências e habilidades da BNCC LI

Competências gerais LI

Competências específicas LIII

Habilidades LIV

Proposta de planejamento e cronograma para utilizar o volume LVI

#Volume 7 LVII

Sumário LVII

Justificativa e pertinência do volume LIX

Objetivos LIX

Caderno da BNCC para o(a) professor(a): competências e habilidades da BNCC LXII

Competências gerais LXII

Competências específicas LXIV

Habilidades LXV

Proposta de planejamento e cronograma para utilizar o volume LXVIII

#Volume 8 LXIX

Sumário LXIX

Justificativa e pertinência do volume LXXI

Objetivos LXXI

Caderno da BNCC para o(a) professor(a): competências e habilidades da BNCC LXXIII

Competências gerais LXXIII

Competências específicas LXXV

Habilidades LXXVI

Proposta de planejamento e cronograma para utilizar o volume LXXVIII

#Volume 9 LXXIX

Sumário LXXIX

Justificativa e pertinência do volume LXXXI

Objetivos LXXXI

Caderno da BNCC para o(a) professor(a): competências e habilidades da BNCC LXXXIII

Competências gerais LXXXIII

Competências específicas LXXXV

Habilidades LXXXVI

Proposta de planejamento e cronograma para utilizar o volume LXXXVIII

Orientações gerais

I. Ensino Fundamental – Anos Finais

Os quatro anos finais do Ensino Fundamental são um desafio em diversos aspectos para estudantes e professores. É um **momento de transição** da infância para a adolescência e da prática pedagógica de aprendizagens adquiridas nos segmentos anteriores. No primeiro ano desse segmento, o estudante está deixando o formato de aula com um ou poucos docentes, como é comum nos anos iniciais do Ensino Fundamental, para conhecer uma prática que envolve diversos professores, cada um conduzindo um dos diferentes componentes curriculares, com atividades progressivamente mais complexas.

Cabe, portanto, aos anos finais do Ensino Fundamental a retomada e a ressignificação dos conhecimentos aprendidos nos anos iniciais, ao mesmo tempo que se tem em vista maior especialização, com "aprofundamento e ampliação de repertórios dos estudantes" (BRASIL, 2017, p. 60).

O **fortalecimento da autonomia** dos estudantes é outro objetivo elencado nas normativas educacionais brasileiras para esse nível de ensino. Nelas, destaca-se a necessidade de oferecer a eles conhecimentos e experiências de acesso e interação com diversas fontes de informação, sempre de forma crítica e com diferentes conteúdos científicos e curriculares.

Desse fortalecimento, pode-se trabalhar o protagonismo juvenil, no qual o engajamento dos estudantes, a reflexão crítica e as ações coletiva e individual são estimulados. O respeito à diversidade, a empatia e a responsabilidade devem ser promovidos de forma alinhada com uma formação integral fundamentada nos princípios democráticos e nos direitos humanos.

Segundo a BNCC (BRASIL, 2017, p. 61-62),

> [...] é preciso considerar a necessidade de desnaturalizar qualquer forma de violência nas sociedades contemporâneas, incluindo a violência simbólica de grupos sociais que impõem normas, valores e conhecimentos tidos como universais e que não estabelecem diálogo entre as diferentes culturas presentes na comunidade e na escola. [...] A compreensão dos estudantes como sujeitos com histórias e saberes construídos nas interações com outras pessoas, tanto do entorno social mais próximo quanto do universo da cultura midiática e digital, fortalece o potencial da escola como espaço formador e orientador para a cidadania consciente, crítica e participativa [...].

Para contribuir com essa etapa da Educação Básica, são expostos a seguir os pressupostos teórico-metodológicos da coleção, algumas reflexões sobre a prática docente e uma concepção de **Alfabetização Científica e Tecnológica** (ACT) e da abordagem **Ciência, Tecnologia e Sociedade** (CTS).

II. Pressupostos teórico-metodológicos

De modo geral, a escola pública atende estudantes com diferentes níveis e *deficit* de aprendizagem, precisando dar conta dessas desigualdades educacionais, mas também de diferentes condições sociais (MIRANDA *et al.*, 2022).

Tal cenário se agravou com a pandemia de covid-19, com efeitos que podem impactar o aprendizado de toda uma geração. Tomando a escola como um possível espaço de transformação da realidade social, entendemos que uma maneira de combater essas desigualdades é intensificar propostas de **educação integral**, que não deve ser confundida com turnos de tempo integral (AMARAL, 2021; CENPEC, 2021; MACEDO, 2021).

Um dos caminhos para alcançar a educação integral – ou formação humana integral – tem como pressuposto a concepção de escola unitária de Gramsci (2000), uma escola que possibilite a todos – camadas populares ou abastadas da sociedade – as mesmas oportunidades de formação, o mesmo acesso ao conhecimento e à cultura.

Outra característica da educação integral é sua formação *omnilateral*, isto é, uma formação que considere todas as dimensões do ser humano, possibilitando o desenvolvimento de cidadãos cada vez mais atuantes na sociedade. Isso significa tratar de maneira integrada a ciência, a tecnologia, a cultura e o trabalho, com ênfase no sentido ontológico do trabalho, isto é, nas ações que os humanos fazem para produzir sua própria existência, ações capazes de transformar a natureza, estabelecer relações sociais, manter ou modificar culturas, e assim por diante (SAVIANI, 2007).

Trata-se, assim, de uma proposta de formação humana integral pelo viés da pedagogia histórico-crítica, que propõe a escola como espaço capaz de transformar, em alguma medida, a sociedade e responsável pela socialização da cultura e democratização dos conhecimentos produzidos pela humanidade no processo histórico. Além disso, tem como ponto de partida e de chegada a prática social, com os conteúdos que permitem aos estudantes emanciparem-se e agirem em suas realidades com os recursos proporcionados pelo conhecimento historicamente sistematizado (SAVIANI, 2019).

Porém, tal proposta de formação humana e integral também guarda aproximações com outras tendências pedagógicas, como a psicologia histórico-cultural, a pedagogia crítico-social dos conteúdos e a educação popular-crítica (SAVIANI, 2019).

Essa proposição de formação humana integral alinha-se com a BNCC, na qual se lê que:

> Independentemente da duração da jornada escolar, o conceito de educação integral com o qual a BNCC está comprometida se refere à construção intencional de processos educativos que promovam aprendizagens sintonizadas com as necessidades, as possibilidades e os interesses dos estudantes e, também, com os desafios da sociedade contemporânea. (BRASIL, 2017, p. 14)

O livro didático é um dos diversos recursos a serviço das práticas docente e discente. Logo, não deve ser visto como ferramenta única e suficiente para colocar em ação uma proposta educacional (MEGID NETO; FRACALANZA, 2003). Contudo, entendemos que o livro didático deve estar alinhado a características de uma proposta de educação que, no presente caso, é a da educação integral.

Sergio Pedreira/Pulsar Imagens

O livro didático pode enriquecer as práticas docente e discente. Na imagem, estudante da Escola Municipal Benedito de Oliveira Barros, em Itaparica (BA), 2019.

Sendo assim, um livro didático para a educação integral, em algum momento, precisa:

- considerar de forma integrada as múltiplas dimensões dos sujeitos e da estrutura social, como as dimensões intelectual, afetiva, física, social, ética e simbólica, e a busca pela construção de uma sociedade mais justa, democrática e inclusiva;
- reconhecer os conhecimentos desenvolvidos na escola como parte, mas não como a totalidade do patrimônio cultural da sociedade. Com isso, faz-se necessário promover um diálogo que envolva as aprendizagens escolares com outros saberes, como aqueles trazidos pelos estudantes para a escola, adquiridos por meio de suas vivências cotidianas;
- proporcionar variadas oportunidades de aprendizagem, o que pode ocorrer com a mobilização de diferentes metodologias e processos cognitivos, variações de espaços e tempos de aprendizagem (por meio de atividades experimentais ou complementares, por exemplo) ou articulando a aprendizagem com a família, a comunidade ou a sociedade (JIMENEZ, 2016).

A essas três características pedagógicas citadas para a coleção, soma-se a promoção de uma Alfabetização Científica e Tecnológica (ACT) – operacionalizada por meio da abordagem da ciência, da tecnologia e da sociedade – para compor os pressupostos teórico-metodológicos da obra. A importância da ACT é comentada mais adiante, neste Manual.

#Reflexões sobre a prática docente

A escola não é alheia ao contexto em que está situada. A cultura social atravessa seus muros, para além da vontade de que ela faça parte ou não do processo pedagógico e das reflexões sobre a prática docente. Dito de outro modo, as diversas formas de violência (física, psicológica, moral, etc.), os problemas de saúde pública, as desigualdades e as reflexões sobre as escolhas éticas e políticas de nossa sociedade podem até não fazer parte do processo de ensino-aprendizagem, mas estarão presentes no substrato dele, por vezes sendo reproduzidos na escola (BORDIEU; PASSERON, 1992; DAYRELL, 1996; GONÇALVES; GONÇALVES, 2017).

Sendo assim, a primeira urgência de transformação em relação à prática docente é restaurar a posição do(a) professor(a) em seu local de fala como um dos atores sociais privilegiados para pensar criticamente a realidade em interação com os estudantes e os demais agentes da comunidade escolar.

Situa-se, assim, a escola como um dos espaços possíveis para promover a transformação da realidade social, incluindo um trabalho sistemático de promover a cultura de paz encampado por toda a equipe escolar. No contexto da sala de aula, o(a) professor(a) contribui para essa transformação ao trazer para o processo pedagógico a discussão dos contextos local e global, promovendo a valorização da escola, da comunidade escolar e dos conhecimentos adquiridos.

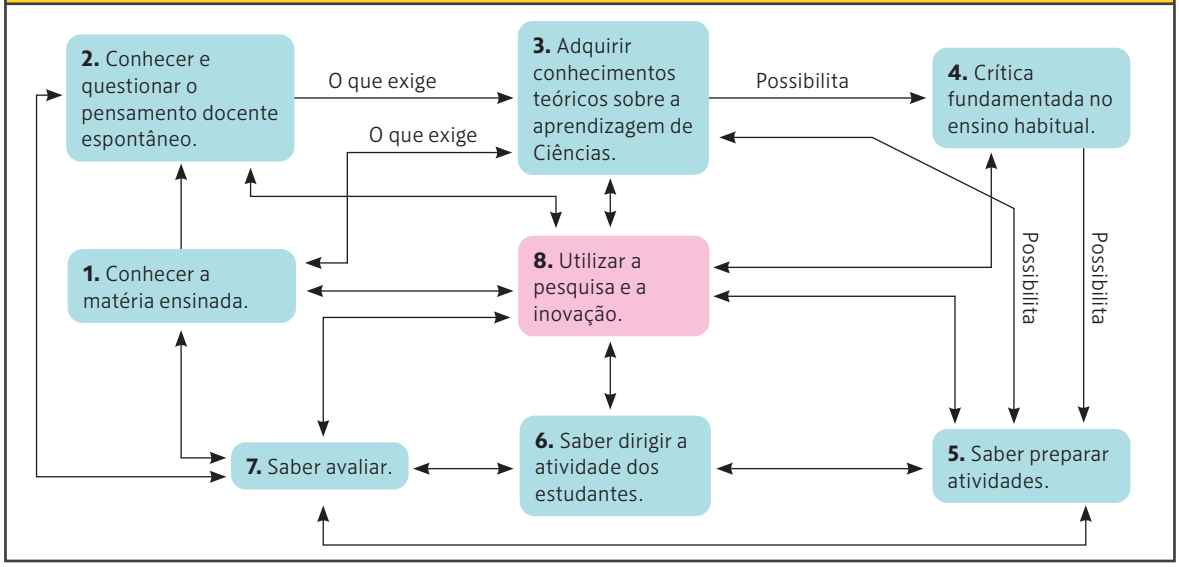
Cesar Diniz/Pulsar Imagens

É necessário combater a ideia de que o ensino é uma tarefa trivial, na qual o(a) professor(a) precisa apenas compreender os conteúdos em um nível de aprofundamento superior ao dos estudantes. É necessário estar clara, para a população em geral, a complexidade da docência. Na imagem, professora e estudantes da Escola Estadual Quilombola Professora Tereza Conceição de Arruda, em Nossa Senhora do Livramento (MT), 2020.

No trabalho sobre formação de professores dos pesquisadores Carvalho e Gil-Pérez (2011), a visão equivocada e simplista de que para lecionar basta conhecer um assunto com mais profundidade do que os estudantes é tomada como o primeiro aspecto da prática docente a ser superado. Mas são muitos os obstáculos; entre eles, as lacunas na formação de professores, a desvalorização profissional, as precárias condições materiais de escolas e os problemas de saúde física e mental decorrentes dessas adversidades. Como consequência, tem-se um ensino que é insuficiente, apesar dos esforços de parte a parte (AMADO, 2000; SILVA, 2018; OLIVEIRA, 2020).

Para iniciar uma mudança nesse cenário, Carvalho e Gil-Pérez (2011, p. 19) propõem que os professores não atuem de modo isolado, mas realizem "um trabalho coletivo em todo o processo de ensino/aprendizagem: da preparação das aulas até a avaliação". Além disso, esses pesquisadores destacam oito conhecimentos necessários na formação do professor, sintetizados no esquema a seguir.

O que deverão "saber" e "saber fazer" os professores de Ciências



Elaborado com base em: CARVALHO, A. M. P.; GIL-PÉREZ, D. *Formação de Professores de Ciências*. 10. ed. São Paulo: Cortez, 2011.

Saviani (2012) também combate a visão simplista de que para ensinar basta o domínio do conteúdo. Para o autor, uma importante etapa da ação docente é selecionar questões da prática social que viabilizem o processo pedagógico e a apreensão dos múltiplos aspectos do conteúdo, como os aspectos científico, histórico, tecnológico e social. Tal seleção pode ser feita com os estudantes, empregando o processo de formular perguntas e investigar respostas de modo perspicaz e voltado para possíveis transformações da realidade social.

Dessa forma, cabe ao(à) docente levar em consideração também os possíveis questionamentos dos estudantes e da comunidade, propondo abordagens e atividades que possibilitem a resolução dos problemas, inclusive por meio da elaboração de hipóteses e verificações experimentais, teóricas e/ou lógicas. Tal abordagem possibilitará ao estudante assumir a responsabilidade por suas próprias formulações intelectuais e estratégias de resolução de problemas, ao pensar e se posicionar perante as questões que a realidade nos impõe. Desse modo, estimulam-se as capacidades de selecionar, interpretar e processar informações, e organizar dados resultantes de aprendizagens e experiências em meio a múltiplos estímulos recebidos do ambiente.

Elias e Vosgerau (2019, p. 46) também chamam a atenção para "a importância de movimentos de reflexão realizados por docentes para mudanças e novo olhar deles para suas práticas, para seus alunos e para o contexto educacional no qual estão inseridos". Inclusive, as próprias políticas e as normativas educacionais podem ser alvo da reflexão docente, no sentido de se propor um trabalho pedagógico que possa aperfeiçoar eventuais fragilidades ou inconsistências de políticas e normativas (ANTUNES JÚNIOR; CAVALCANTI; OSTERMANN, 2020).

Luis Salvatore/Pulsar Imagens

Aplicação de jogos durante aperfeiçoamento de professores em Educação financeira, em Jijoca de Jericoacoara (CE), 2019.

No contexto de educação integral e da ACT, o(a) professor(a) é agente fundamental no processo de ensino-aprendizagem, afinal tem como papel conhecer a realidade social em que ele(a) e os estudantes estão inseridos, selecionar ou formular questões relacionadas a ela, e propor e executar as ações de ensino-aprendizagem com os estudantes e os professores de outras áreas do conhecimento.

Nesse âmbito, a obra visa contribuir com o trabalho docente, por um lado, no nível de levantamento de possíveis questões, em especial quando são de caráter global – por exemplo: promover a reflexão acerca das mudanças trazidas pelas máquinas térmicas (Volume 7, Capítulo 3) ou conciliar a demanda por energia elétrica e a preservação do ambiente e dos recursos naturais da Terra (Volume 8, Capítulo 10).

Por outro lado, a obra também visa contribuir para o ensino de conceitos e conhecimentos científicos, oferecendo uma transposição didática dos conteúdos elaborados e sistematizados pela humanidade, possibilitando o desenvolvimento da capacidade investigativa dos estudantes e debatendo formas de integração, produção e disseminação dos conhecimentos.

Tal concepção do papel do(a) professor(a) também encontra respaldo na BNCC, que propõe uma atuação docente na qual os estudantes

> [...] sejam progressivamente estimulados e apoiados no planejamento e na realização cooperativa de atividades investigativas, bem como no compartilhamento dos resultados dessas investigações. Isso não significa realizar atividades seguindo, necessariamente, um conjunto de etapas pré-definidas, tampouco se restringir à mera manipulação de objetos ou realização de experimentos em laboratório. Ao contrário, pressupõe organizar as situações de aprendizagem partindo de questões que sejam desafiadoras e, reconhecendo a diversidade cultural, estimulem o interesse e a curiosidade científica dos alunos e possibilitem definir problemas, levantar, analisar e representar resultados; comunicar conclusões e propor intervenções. (BRASIL, 2017, p. 320)

Luciana Whitaker/Pulsar Imagens

A investigação científica, o pluralismo de ideias e o pensamento crítico são requisitos para uma formação humana integral. Na imagem, estudantes da Escola Municipal Max Fleiuss, no Rio de Janeiro (RJ), 2022.

Portanto, a prática docente alinhada à educação integral requer o estímulo, de modo recorrente, à investigação científica, ao pluralismo de ideias e ao pensamento crítico. É nesse sentido que a obra se configura, mantendo o(a) professor(a) em seu papel central na seleção de conteúdos, problemas e abordagens adequados, à medida que oferece opções, ideias e contextualizações que buscam contribuir para o trabalho docente.

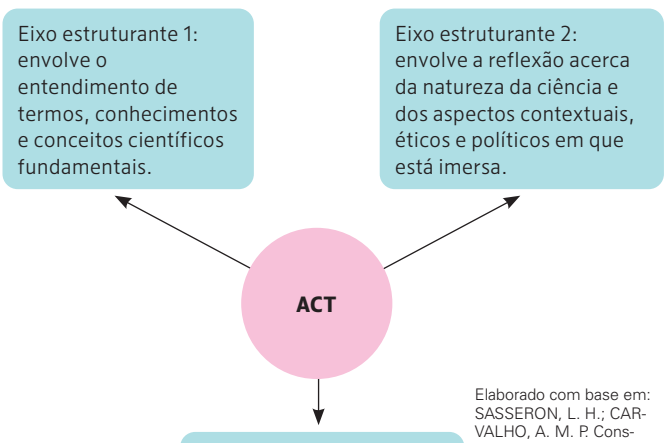
#Alfabetização Científica e Tecnológica (ACT)

No início da pandemia de covid-19 no Brasil, em 2020, algumas perguntas comuns foram: "Como surgiu a doença?"; "Como as pessoas são infectadas?"; "Qual é o melhor tratamento?"; "Como funcionam as vacinas?".

Em meio às respostas, muitas informações falsas e posturas negacionistas da ciência se propagaram e prejudicaram o combate à doença, evidenciando quanto a proposta da ACT, originária do campo científico de ensino de Ciências, é necessária para a educação e deve estar presente nos materiais didáticos (CEDUC, 2021).

Por essa perspectiva, o foco do ensino não deve estar na excessiva matematização dos conceitos a ser ensinados, mas nos processos de construção, apropriação e interpretação desses conhecimentos.

Para Sasseron e Carvalho (2011), a ACT se articula no entorno de três eixos estruturantes, conforme esquema a seguir.



Elaborado com base em: SASSERON, L. H.; CARVALHO, A. M. P. Construindo argumentação na sala de aula: a presença do ciclo argumentativo, os indicadores de alfabetização científica e o padrão de Toulmin. *Ciência & Educação*, Bauru, v. 17, n. 1, p. 97-114, 2011.

Em outras palavras, propõe-se um ensino que vise a ACT em oposição à simples acumulação de conteúdo; ou seja, um ensino que não negue a face acadêmico-científica das Ciências da Natureza, mas que também não ignore sua concepção como atividade social e cultural (CARVALHO, 2003; SASSERON, 2011).

Entre as variantes da expressão ACT, está o uso dos termos *letramento* ou *enculturação* em vez de *alfabetização*;

de modo geral, a proposta é a de uma prática capaz de "desenvolver em uma pessoa qualquer a capacidade de organizar seu pensamento de maneira lógica, além de auxiliar na construção de uma consciência mais crítica em relação ao mundo que a cerca" (SASSERON, 2011, p. 61), que abrange desde "princípios básicos de fenômenos do cotidiano até a capacidade de tomada de decisão em questões relativas à ciência e à tecnologia em que estejam diretamente envolvidos, sejam decisões pessoais ou de interesse público" (SANTOS, 2007, p. 480).

Optando pelo termo *letramento*, a BNCC trata a ACT como "a capacidade de compreender e interpretar o mundo (natural, social e tecnológico), mas também de transformá-lo com base nos aportes teóricos e processuais das Ciências" (BRASIL, 2017, p. 319).

Exemplificando, uma pessoa alfabetizada científica e tecnologicamente é aquela capaz de, por exemplo, compreender bem a bula de um remédio, discutir impactos da telefonia celular sobre os indivíduos e a sociedade, manipular produtos sanitários e aparelhos eletrodomésticos sem maiores riscos de provocar curtos-circuitos, queimaduras ou intoxicações, atentar à data de validade e a outras exigências legais no comércio de alimentos, tomar precauções para evitar doenças que afetam a saúde individual e a coletiva, selecionar fontes confiáveis de notícia ao fazer uso de tecnologias digitais de informação e comunicação (TDIC), etc.

Além disso, a pessoa alfabetizada científica e tecnologicamente tem conhecimentos científicos e um repertório de argumentos e habilidades de investigação que a permitem se posicionar em debates de interesse individual e coletivo, como a mobilidade urbana, a vacinação em massa ou a geração de energia, assim como em assembleias ou audiências públicas sobre problemas locais de sua comunidade, financiamento federal de pesquisas ou mudanças legislativas relacionadas com ciência e tecnologia.

Ressalta-se que, com a presença intensa das TDIC na sociedade, questões como a compreensão dessas tecnologias, seu uso crítico, os impactos nos indivíduos e na sociedade e a desigualdade de acesso também fazem parte da ACT.

Por esse motivo, é preciso que as TDIC estejam presentes no processo pedagógico em pelo menos dois vieses:

- como objetos de estudo e discussão, por exemplo, o papel que a luz, as cores e as imagens assumem na sociedade, além do advento das mídias sociais digitais, presente no Volume 9, Capítulo 10, desta coleção;
- como meios empregados para a realização de pesquisas, para a execução de ações colaborativas e para a busca e a disseminação de conhecimentos e iniciativas de conscientização ou intervenção na realidade social, conforme ocorre em diferentes momentos desta obra.

João Prudente/Pulsar Imagens

Estudantes da Escola Estadual Professora Leila Mara Avelino, em Sumaré (SP), utilizando *notebooks* em sala de aula para resolver atividades.

Conforme a síntese de Fourez (2003), a perspectiva da ACT pretende:

1. permitir aos estudantes se inserirem no universo técnico-científico, podendo utilizar as Ciências da Natureza para compreender e decodificar sua realidade, participando da cultura do nosso tempo;
2. familiarizar-se com as principais ideias científicas da nossa sociedade, como os modelos atômicos, a genética ou as formas de geração de energia elétrica, mantendo autonomia crítica em relação a ela;
3. reduzir as desigualdades advindas da falta de compreensão da ciência e da tecnologia;
4. ajudar as pessoas com meios e argumentos para a tomada de decisão e a participação nos debates da sociedade que requerem conhecimentos científicos e senso crítico;
5. propiciar aos estudantes a participação produtiva no mundo, compreendendo o potencial social, ambiental e econômico da ciência e da tecnologia considerando seus riscos e incentivando vocações científicas ou tecnológicas.

Luciana Whitaker/Pulsar Imagens

Estudantes preparando pão de queijo no Instituto Federal do Mato Grosso, em Cáceres (MT), 2018. Fazer um pão, cuidar de uma horta, utilizar medicamentos, redes sociais ou dispositivos eletrônicos, selecionar o meio de transporte, o lanche ou a forma de descarte de um resíduo são exemplos de participação produtiva no mundo, considerando um estudante da Educação Básica.

Desse modo, o desenvolvimento da ACT se mostra importante para os estudantes no agora, para auxiliá-los na tomada de decisões e nas discussões das quais já participam, e não somente como algo para ser pensado para o futuro. Como afirma a BNCC, trata-se de um ensino que se compromete com os desafios da sociedade contemporânea, já que:

> No novo cenário mundial, reconhecer-se em seu contexto histórico e cultural, comunicar-se, ser criativo, analítico-crítico, participativo, aberto ao novo, colaborativo, resiliente, produtivo e responsável requer muito mais do que o acúmulo de informações. Requer o desenvolvimento de competências para aprender a aprender, saber lidar com a informação cada vez mais disponível, atuar com discernimento e responsabilidade nos contextos das culturas digitais, aplicar conhecimentos para resolver problemas, ter autonomia para tomar decisões, ser proativo para identificar os dados de uma situação e buscar soluções, conviver e aprender com as diferenças e as diversidades. (BRASIL, 2017, p. 14)

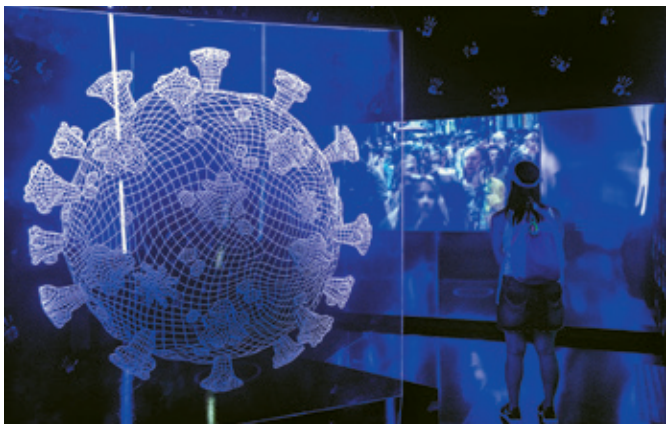
#Abordagem Ciência, Tecnologia e Sociedade (CTS)

Para diversos autores, como Santos e Mortimer (2000) ou Lorenzetti e Costa (2020), uma maneira de colocar em prática a ACT consiste em utilizar a abordagem CTS.

Essa abordagem se caracteriza por explorar as relações e os efeitos existentes entre a tríade ciência, tecnologia e sociedade, às vezes acrescida explicitamente do termo *ambiente*, compondo a sigla CTSA. Por exemplo, a abordagem CTS se preocupa em explicitar e debater quais relações podem existir entre novos conhecimentos e mudanças tecnológicas; entre a tecnologia disponível a certo grupo de pessoas e o estilo de vida delas; entre as demandas e pressões sociais, políticas e econômicas e a direção das pesquisas científicas; ou entre o desenvolvimento das teorias científicas e a maneira como as pessoas de determinada época e determinado lugar pensam sobre si próprias e sobre os problemas que as cercam (AIKENHEAD, 1994).

Essa abordagem surge no escopo do campo de estudos CTS – também chamados de **estudos sociais da ciência** (BAZZO, 1998; PINHEIRO; SILVEIRA; BAZZO, 2007). Os estudos CTS remetem à década de 1960 e, entre outras considerações, apontaram os equívocos do raciocínio linear de que a ciência produz mais tecnologia, de que a tecnologia produz mais riqueza e de que riqueza produz mais bem-estar (ciência → tecnologia → riqueza → bem-estar). Esse encadeamento de consequências, abordado por Palacios *et al*. (2003), se daria do modo puro, autônomo e neutro, isto é, sem interferências, sem depender de outras variáveis e sem favorecer nenhuma visão de mundo em particular. Por vezes, o raciocínio é determinista, como se houvesse a ligação obrigatória de causalidade na qual mais ciência resultaria, ao final do processo, em mais bem-estar. Também é recorrente tomar esse raciocínio como salvacionista, no sentido de que o desenvolvimento científico e tecnológico seria capaz de salvar a humanidade e solucionar todos os seus problemas.

Uma crítica a esse raciocínio, também chamado de modelo triunfalista da ciência e da tecnologia, é a de não haver espaço para a participação da sociedade, o que ignora as inter-relações sociais com as políticas e com os desenvolvimentos científicos e tecnológicos. As consequências sociais e ambientais, em especial as negativas ou inesperadas, são ocultadas, e a suposta supremacia da ciência e da tecnologia é enaltecida (CEREZO, 1998).



Chico Ferreira/Pulsar Imagens

Escultura tridimensional em acrílico que simula a estrutura do coronavírus na *Exposição Coronaceno: reflexões em tempos de pandemia*, no Museu do Amanhã, no Rio de Janeiro (RJ), 2021. Questões políticas, econômicas, sociais, sanitárias, entre outras, influenciam os conhecimentos científicos e artefatos tecnológicos desenvolvidos em cada época e lugar. No início da década de 2020, a pandemia de covid-19 foi uma grande impulsionadora de pesquisas em ciência e tecnologia.

Silva (2015) sintetiza as três grandes correntes de contestação do modelo triunfalista em uma europeia, uma estadunidense e uma latino-americana. Na primeira corrente, o foco está nas inter-relações entre ciência, tecnologia e sociedade. Na segunda, os interesses se voltam para as consequências ambientais e sociais dos artefatos tecnológicos. Na terceira, as políticas públicas de ciência e tecnologia e os aspectos de desenvolvimento social, em especial as questões relativas a desigualdades, são enfatizadas.

Cerezo (1998) mostra como essas correntes de pensamento se articulam de modo a não dissociar da ciência e da tecnologia os valores sociais, as pressões econômicas, as convicções religiosas e os interesses profissionais e pessoais. Assim, a atividade científica é percebida como um processo social contextualizado e capaz de desmistificar a ciência e a tecnologia. Uma consequência disso é que as políticas públicas precisam ser definidas, levando-se em conta uma vasta gama de aspectos, consequências e inter-relações em um amplo processo democrático de tomada de decisão.

No ambiente educacional, isso se traduz como uma necessidade de mudança de conteúdos, enfoques, metodologias e atitudes envolvidos com a aprendizagem científica e tecnológica, em especial, com a intenção de promover o pensamento crítico. Em síntese, trata-se não apenas de se ensinar ciência, mas também de como se faz ciência e de que modo essa natureza do trabalho científico se relaciona com aspectos tecnológicos, sociais e ambientais.

Portanto, a incorporação de forma sistemática da abordagem CTS em um material didático visa combater mitos, como o da neutralidade da ciência, e expandir a capacidade reflexiva e crítica dos estudantes.

Entendendo a ciência como processo de representação do mundo em contínua reformulação, o discurso científico está muito ligado às descrições dos processos observados na natureza e na sociedade. Por isso, a ciência não pode ser tratada como uma descrição objetiva e neutra do mundo, mas como uma tentativa coletiva e provisória de satisfazer as necessidades de compreensão dos seres humanos, estando, portanto, também sujeita a relações de poder e de múltiplos interesses. Nem mesmo a natureza da ciência (construção, estabelecimento e organização do conhecimento científico) é unívoca, tampouco a produção científica pode ser vista como uma sequência bem estabelecida de passos, como a visão tradicional de método científico pode dar a entender.

Nessa perspectiva, podem ser abordados ao menos seis aspectos em uma abordagem CTS (SANTOS; MORTIMER, 2002, p. 7):

Aspectos de uma abordagem CTS

1. Filosófico: que inclui, entre outros, aspectos éticos do trabalho científico, o impacto das descobertas científicas sobre a sociedade e a responsabilidade social dos cientistas no exercício de suas atividades.
2. Sociológico: que inclui a discussão sobre as influências da ciência e da tecnologia sobre a sociedade e, dessa última, sobre o progresso científico e tecnológico; e as limitações e possibilidades de usar a ciência e a tecnologia para resolver problemas sociais.
3. Histórico: que inclui a discussão sobre a influência da atividade científica e tecnológica na história da humanidade, bem como os efeitos de eventos históricos no desenvolvimento da ciência e da tecnologia.
4. Político: que passa pelas interações entre a ciência e a tecnologia e os sistemas público, de governo e legal; pela tomada de decisão sobre ciência e tecnologia; o uso político da ciência e da tecnologia; bem como pela relação entre ciência, tecnologia, defesa nacional e políticas globais.
5. Econômico: com foco nas interações entre as condições econômicas e a ciência e a tecnologia, e nas contribuições dessas atividades para o desenvolvimento econômico e industrial, a tecnologia e a indústria, o consumismo e o emprego da ciência e da tecnologia.
6. Humanístico: que inclui aspectos estéticos, criativos e culturais da atividade científica, efeitos do desenvolvimento científico sobre a literatura e as artes, e a influência da humanidade na ciência e na tecnologia.

Elaborado com base em: SANTOS, W. L. P.; MORTIMER, E. F. Uma análise de pressupostos teóricos da abordagem CTS (Ciência-Tecnologia-Sociedade) no contexto da educação brasileira. *Ensaio Pesquisa em Educação em Ciências*, Minas Gerais, v. 2, n. 2, p. 1-23, 2000.

Apesar da atenção dedicada a essa abordagem, não se trata de propor, aqui, um conteúdo programático desvinculado da BNCC e baseado exclusivamente nos estudos CTS, mas de optar por uma abordagem que possibilite a interação entre a CTS e os conteúdos cobertos pela BNCC e suas habilidades e competências, que devem ser de domínio dos estudantes ao final do Ensino Fundamental. A proposta facilitada pela BNCC, se aproxima de uma abordagem CTS já em sua primeira competência específica definida para o Ensino Fundamental – Anos Finais: "1. Compreender as Ciências da Natureza como empreendimento humano, e o conhecimento científico como provisório, cultural e histórico" (BRASIL, 2017, p. 322).

Nesta coleção, foram incorporados conteúdos e debates CTS ao desenvolvimento dos capítulos e das unidades como forma de promoção de uma formação humana integral e de uma alfabetização científica e tecnológica. Por isso, foram propostos ao longo do texto, em atividades e boxes *#Para iniciar*, *#Para refletir* e *#Para interpretar*, alguns debates que envolvem conhecimentos científicos, questões éticas e políticas para sua compreensão e solução. Buscam-se, assim, a contextualização e a interdisciplinaridade do tema a ser trabalhado, facilitando o engajamento do estudante e a interação com outros conhecimentos que ele já possui.

III. Metodologias e estratégias de ensino

O livro didático é um dos recursos à disposição do(a) professor(a) para seu trabalho em sala de aula. Embora exerça influência sobre a formação docente continuada, as escolhas curriculares e a implementação de políticas públicas, seu papel não deve ser superestimado (SILVA, 2012; AGUIAR; GARCIA, 2017; ROSA; ARTUSO, 2019; SILVA; ARTUSO; SUERO, 2020).

Assim quem define as metodologias de ensino são as escolas e os professores, afinal são eles quem melhor conhecem

sua realidade e o contexto dos estudantes. Levando em conta essa definição, a escolha de uma coleção didática que se alinhe às opções pedagógicas e metodológicas dos docentes pode ser uma importante contribuição para o processo de ensino e aprendizagem.

Cesar Diniz/Pulsar Imagens

As metodologias de ensino de uma instituição devem ser definidas pelos professores e pela escola, pois são eles que conhecem a realidade e o contexto em que os estudantes estão inseridos. Na imagem, professora com estudantes na Escola Estadual Quilombola Professora Tereza Conceição de Arruda, em Nossa Senhora do Livramento (MT), 2020.

A seguir, são apresentadas algumas estratégias de ensino potencializadas pela coleção: as metodologias ativas, a mobilização de conhecimentos prévios, a interdisciplinaridade e a contextualização.

#Metodologias ativas

Metodologias ativas são aquelas que "dão ênfase ao papel protagonista do estudante, ao seu envolvimento direto, participativo e reflexivo em todas as etapas do processo, experimentando, desenhando, criando, com orientação do professor" (MORAN, 2018, p. 4).

As metodologias ativas são uma das tendências educacionais atuais, que buscam propor alterações na dinâmica da sala de aula e colocar os estudantes em posições menos passivas e receptoras de informações e conhecimentos. A proposta não é nova, remetendo ao movimento de renovação de ensino conhecido como Escola Nova, surgido há mais de cem anos (KFOURI *et al.*, 2019).

As tecnologias digitais de informação e comunicação e as novas demandas do mundo do trabalho deram novo impulso para as metodologias ativas; para não serem apenas um modismo ou promotoras de uma escola reprodutora das desigualdades da sociedade, Pischetola e Miranda (2019) chamam a atenção para dois pontos:

- metodologias ativas têm grande potencial, mas seu uso acrítico promove a ideia de que a organização da educação escolar deve partir de métodos e técnicas de ensino;
- os problemas de educação não são solucionados pelo emprego de metodologias ativas, dada a complexidade dos processos de ensino e aprendizagem.

Feitos esses alertas, não se pode descartar a possibilidade de metodologias ativas contribuírem para uma educação integral na perspectiva, por exemplo, da pedagogia histórico-crítica. Para isso, não se pode negligenciar a centralidade do papel docente no processo de ensino-aprendizagem como responsável pela seleção e pela abordagem de ensino dos conhecimentos historicamente sistematizados, bem como pela avaliação e pela recuperação das aprendizagens.

Na concepção da pedagogia histórico-crítica, a escola deve ser valorizada como espaço de socialização do conhecimento, sendo capaz de contribuir para eliminar desigualdades sociais e promover o aprendizado e a inclusão (SAVIANI, 2012). A educação integral proposta por essa concepção requer a integração dos conhecimentos, a igualdade de oportunidades e a consideração de múltiplas dimensões do ser.

Para Rebouças e Bezerra (2021, p. 1), as metodologias ativas são capazes de contribuir com esses requisitos ao promover a superação dos conhecimentos fragmentados e ao instigar os estudantes "a interagir de maneira eficaz no mundo em que vivem perante a construção de saberes integrado às mais diversas práticas sociais". Também Sousa (2021), Paz e Rocha (2021), Rebouças e Bezerra (2021) e Costa e Azevedo (2019) conduziram investigações voltadas aos pressupostos da educação integral, nas quais se evidenciou a possibilidade de metodologias ativas auxiliarem no desenvolvimento do pensamento crítico-reflexivo, na compreensão mais sistêmica dos fenômenos, nas tomadas de decisão e na execução de ações que proporcionem uma postura protagonista nos estudantes.

Algumas estratégias são particularmente possibilitadas pela coleção: aprendizagem por pares, sala de aula invertida, debates, seminário, entre outras. Elas são exploradas em atividades que promovem o protagonismo estudantil e estão indicadas nas orientações específicas dessas atividades.

A aprendizagem por pares consiste em um trabalho cooperativo entre os estudantes para que compartilhem explicações e respondam a questionamentos. Um exemplo é o(a) professor(a) lançar um questionamento inicial e coletar as respostas dos estudantes. Se as respostas forem diversas, o(a) professor(a) requisita que aqueles que deram respostas diferentes expliquem uns aos outros os seus raciocínios e, então, refaz a pergunta, em busca de alterações nas respostas. Essa metodologia pressupõe que a discussão com os pares facilita o conflito cognitivo e a aprendizagem do estudante quando comparada com a discussão com o(a) professor(a), tomado(a) pelo estudante como alguém em um nível superior de conhecimento em relação a ele (RODRIGUES; DIAS; SOUZA, 2016).

A sala de aula invertida remete à ideia de uma aula tradicional, em que o(a) professor(a) dá explicações em sala e, em casa, o estudante faz atividades sobre o assunto explicado. Nesse novo arranjo didático, esses momentos são trocados: os estudantes têm contato prévio com o conteúdo em casa, normalmente por meio de um material disponibilizado pelo(a) docente, e em sala de aula faz atividades de operacionalização e aplicação do conhecimento, tendo o(a) professor(a) presente para lhes auxiliar.

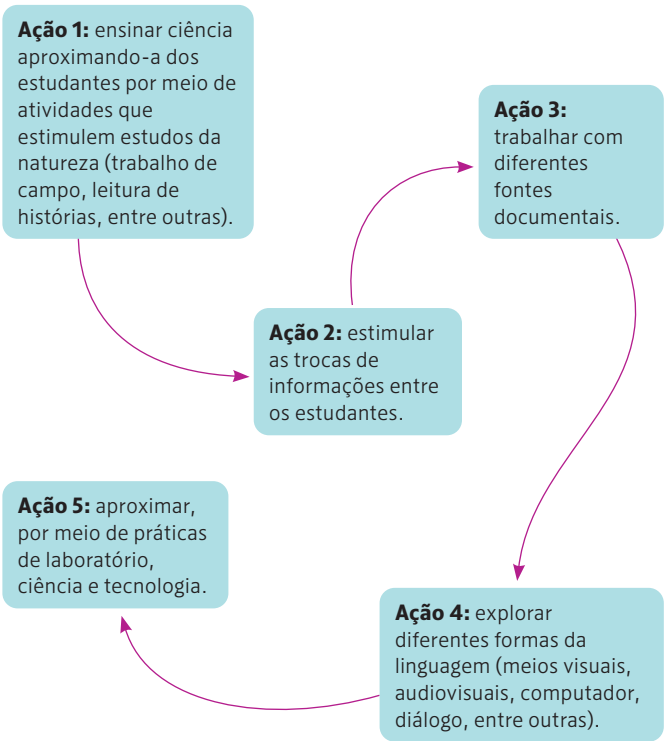
O uso de debates é um estímulo para a participação dos estudantes em aula e para o desenvolvimento da argumentação, do respeito e do diálogo (BARBOSA; MARINHO; CARVALHO, 2020). Após leituras, exposições ou atividades, o debate é proposto para testagem e aplicação do conhecimento adquirido. De acordo com o assunto, o debate pode ter diferentes regras e abrangências, podendo ser uma simulação de júri, reuniões, assembleias e afins. Por exemplo, temas como a instalação de uma usina elétrica em terras indígenas podem ser debatidos com a turma na forma de um júri, em que um grupo representa a posição favorável, um grupo representa a posição contrária e um terceiro grupo compõe o júri.

A promoção de seminários consiste em organizar apresentações dos estudantes sobre determinado tema, atentando para que haja interação e continuidade nos trabalhos deles (BORGES, 2014). A pesquisa, a comunicação oral, a organização e a criticidade são capacidades trabalhadas na promoção de seminários. Pegando como exemplo o tema Genética, um grupo de estudantes pode apresentar o que é hereditariedade e como observá-la na natureza; outro grupo pode apresentar um caso em que os conceitos de genótipo, fenótipo, gene dominante e gene recessivo estejam presentes, como o dos pelos de porquinhos-da-índia; outro grupo pode tratar da herança genética dos grupos sanguíneos humanos e da transfusão de sangue, e assim por diante.

Cultura *maker* diz respeito a colocar a "mão na massa", seja com a montagem de modelos, maquetes ou protótipos físicos, seja com ferramentas digitais para, por exemplo, simulações ou levantamento e visualização de dados. A experimentação é, portanto, a base da cultura *maker*, requerendo também capacidades de planejamento e trabalho em equipe. A construção de modelos físicos tridimensionais para estudar os movimentos dos corpos celestes e as estações do ano são um exemplo de aplicação da cultura *maker* para os anos finais do Ensino Fundamental.

No tópico *Indicações de leitura,* sites *e vídeos*, são recomendados materiais que detalham essas e outras estratégias e mostram como elas podem contribuir para o desenvolvimento da comunicação, do planejamento, da argumentação, do trabalho em equipe, da empatia, da pesquisa, da criticidade e da tomada de decisão – todas competências abrangidas pela BNCC.

No contexto de diversificar as possibilidades de trabalho pedagógico e o emprego de metodologias ativas, o esquema a seguir destaca cinco ações essenciais, com foco na alfabetização científica como forma de tirar a ciência de seu isolamento e fazer com que o estudante seja capaz de tomar decisões pessoais e coletivas de forma inteligente (LEMKE, 2006).



Elaborado com base em: LEMKE, J. L. *Aprender a hablar ciencia*: lenguaje, aprendizaje y valores. Barcelona: Paidós, 2006.

Por fim, há de se ter o cuidado com o uso de metodologias ativas com grandes grupos, como turmas com 45 estudantes ou mais. Ainda que no Ensino Superior haja estudos brasileiros mostrando vantagens no uso de tecnologias digitais associadas com metodologias ativas para turmas grandes, resultados similares não são encontrados na Educação Básica. Os efeitos presentes na literatura especializada apontam justamente para o sentido oposto: atividades que requerem participação ativa dos estudantes têm seus efeitos prejudicados em turmas com mais de trinta estudantes, incluindo a diminuição na taxa de aprovação (DUSO; SUDBRACK, 2009; OLIVEIRA, 2010; MOURÃO, 2013; MENDES, 2015; BEZERRA *et al.*, 2020; MORAES, 2021). Nesse sentido, a separação das turmas em grupos menores pode ser o melhor caminho para colocar em prática metodologias ativas e promover um ensino de Ciências capaz de proporcionar uma formação humana integral. Outra possibilidade é a implementação de metodologias ativas com outros professores, de modo a dividir entre os docentes a eventual sobrecarga decorrente da orientação dos estudantes.

#Mobilização de conhecimentos prévios

Mesmo em teorias de aprendizagem não exclusivamente cognitivistas, os conhecimentos que os estudantes trazem para a sala de aula têm sido alvo de levantamentos e debates com vistas a proporcionar um trabalho pedagógico mais efetivo. Nos anos finais do Ensino Fundamental, esses conhecimentos prévios tiveram a influência das aprendizagens obtidas nos anos iniciais, mas, no contexto das aulas de Ciências, eles não necessariamente se aproximam das concepções científicas.

Por isso, uma estratégia de ensino é iniciar os assuntos realizando um mapeamento dos conhecimentos prévios dos estudantes – uma das funções do boxe *#Para iniciar*, presente no início dos capítulos desta coleção. Outra possibilidade para o levantamento de conhecimentos prévios se dá pelo uso de mapas conceituais requisitados aos estudantes (SILVA; BIZERRA, 2021) ou pela construção de questionários a ser aplicados antes e depois do trabalho com um determinado tema, nos moldes de pré e pós-teste (MENDONÇA, 2017).

Luciola Zvarick/Pulsar Imagens

Uma forma de conhecer e remediar possíveis defasagens é realizar um levantamento inicial dos conhecimentos prévios dos estudantes. Na imagem, estudantes da escola indígena da etnia Waurá, da aldeia Piyulaga, em Gaúcha do Norte (MG), 2019.

Esse levantamento inicial pode evidenciar defasagens na aprendizagem e heterogeneidade nos conhecimentos dos estudantes. Também pode mostrar a influência indesejável de pseudociências e negacionismos ou o sincretismo comum de saberes populares com concepções científicas.

Tais conhecimentos, afinal, não derivam simplesmente da educação formal prévia, mas também das interações sociais com familiares, amigos e colegas, das culturas com as quais o estudante tem contato, do repertório da língua que domina e das diversas fontes de informação e tecnologia de comunicação de que ele faz uso.

Além de conceitos, as habilidades, as atitudes e os valores compõem os conhecimentos prévios e podem ser alvo de um mapeamento inicial capaz de fornecer subsídios para o planejamento das ações pedagógicas posteriores. Tais ações podem objetivar a aproximação dos saberes e das práticas cotidianas dos estudantes como maneira de promover a apreensão de novas ideias e conhecimentos sobre os fenômenos naturais.

Em caso de detectar defasagens, as retomadas de conceitos e discussões são muito indicadas e, em caso de heterogeneidade, pode-se promover a recuperação das aprendizagens por meio de trabalhos em grupo e da aprendizagem por pares. Mas, mais do que simplesmente buscar uma mudança conceitual ou uma ressignificação dos conhecimentos dos estudantes, pode-se pensar na noção de perfil conceitual, proposta por Mortimer (1996, p. 20):

> [...] Essa noção permite entender a evolução das ideias dos estudantes em sala de aula não como uma substituição de ideias alternativas por ideias científicas, mas como a evolução de um perfil de concepções, em que as novas ideias adquiridas no processo de ensino-aprendizagem passam a conviver com as ideias anteriores, sendo que cada uma delas pode ser empregada no contexto conveniente. Através dessa noção é possível situar as ideias dos estudantes num contexto mais amplo que admite sua convivência com o saber escolar e com o saber científico.

Um procedimento que facilita planejar a atividade pedagógica com base na noção de perfil conceitual é a identificação de possíveis obstáculos presentes nos conhecimentos prévios para a compreensão dos saberes científicos. Uma estratégia para superar esses obstáculos consiste em evidenciar para os estudantes os limites presentes na concepção alternativa de descrever fenômenos naturais (HOFMANN; NAHIRNE; STRIEDER, 2017).

Por exemplo, ao se deparar com a concepção de formato plano para a superfície da Terra, pode-se mostrar como essa ideia é incapaz de explicar as sombras diferentes em duas localidades do planeta no mesmo instante ou o fato de que o mastro dos navios é a última parte dele a desaparecer da vista no horizonte; essas duas evidências da esfericidade da Terra são abordadas no Capítulo 1 do Volume 6 da presente coleção.

Mais informações sobre conhecimentos prévios e de que forma podem contribuir para o ensino-aprendizagem de conceitos científicos no âmbito das Ciências da Natureza estão disponíveis no trabalho de Leão e Kalhil (2015) e Oliveira (2022).

#Interdisciplinaridade

A questão interdisciplinar tem sido objeto de estudo de diversos pesquisadores ao longo dos anos e pode assumir diferentes sentidos e abarcar diferentes teorias (FAZENDA, 2001; BICUDO, 2008). Há, entretanto, uma visão coerente nos documentos oficiais ao tratar a interdisciplinaridade mais como uma atitude metodológica em relação às disciplinas do currículo do que como uma proposição de rupturas

de fronteiras e fusão de estatutos teóricos entre as diferentes Ciências, ainda que haja uma polissemia para o conceito dentro dos próprios documentos (RICARDO, 2005).

No âmbito desta coleção, a interdisciplinaridade é entendida como uma integração de saberes passível de ser usada como estratégia de ensino. Para isso, pressupõe-se uma postura dialógica entre as Ciências e entre docentes de diferentes áreas do conhecimento, com conceitos apresentados de modo articulado entre as áreas, ampliando os sentidos desses conceitos. A própria abordagem CTS requer a interdisciplinaridade entre as Ciências da Natureza e as Ciências Humanas. Além disso, na própria área das Ciências da Natureza, a fragmentação dos estudos entre Astronomia, Biologia, Física, Geologia e Química pode prejudicar a compreensão das Ciências da Natureza e as maneiras de conhecer e interpretar a realidade (GRAMOWSKI; DELIZOICOV; MAESTRELLI, 2017). Por isso, com frequência, a coleção propõe integrações interdisciplinares em atividades e no boxe *#Integrando as Ciências*.

A proposta interdisciplinar não pretende diminuir a necessidade e o mérito do conhecimento disciplinar, pois garante profundidade aos estudos e especialidade aos profissionais, além de contar com especificidades históricas, epistemológicas e metodológicas de cada ciência.

Contudo, embora haja vantagens na fragmentação dos estudos, a realidade não é fragmentada, e o processo pedagógico pode se aproveitar da vantagem de – ao estudar um fenômeno ou aplicar um conhecimento – ter um momento de reintegração das diversas dimensões do conhecimento em que se constrói uma visão mais sistêmica da realidade, com conhecimentos se confirmando, complementando, ampliando e esclarecendo aspectos que, de outra maneira, continuariam ocultos.

Tal concepção está presente também em normativas nacionais direcionadas à Educação Básica, ainda que não especificamente aos anos finais do Ensino Fundamental:

> [...] A interdisciplinaridade deve ir além da mera justaposição de disciplinas, e ao mesmo tempo, evitar a diluição delas em generalidades. De fato, será principalmente na possibilidade de relacionar as disciplinas em atividades, ou projetos de estudo, pesquisa e ação, que a interdisciplinaridade poderá ser uma prática pedagógica e didática adequada [...].
>
> A interdisciplinaridade também está envolvida quando os sujeitos que conhecem, ensinam e aprendem sentem necessidade de procedimentos que, numa única visão disciplinar, podem parecer heterodoxos, mas fazem sentido quando chamados a dar conta de temas complexos. Se alguns procedimentos artísticos podem parecer profecias na perspectiva científica, também é verdade que a foto do cogumelo resultante da explosão nuclear também explica, de um modo diferente da física, o significado da bomba atômica. (BRASIL, 2000, p. 75)

Nesse sentido, a visão de componentes curriculares bem estabelecidos pode contribuir para a interdisciplinaridade, enriquecendo a ambos os componentes, e os fenômenos mais próximos do cotidiano podem ser usados como estratégias de ensino.

Um caso ilustrativo está proposto no Capítulo 11 do Volume 8, em que se relacionam os quadros de Giuseppe Arcimboldo e os conceitos de estações do ano, ambientais e astronômicas, em atividades que envolvem as áreas de Linguagens e Ciências da Natureza. Tal proposta, inclusive, pode contribuir com a diminuição de defasagens de aprendizagem entre os estudantes, na medida em que os coloca em contato com conceitos de diversas áreas, podendo alcançar aprendizagens que não tinham adquirido em uma estratégia disciplinar.

A interdisciplinaridade como estratégia pode ser executada por um(a) único(a) professor(a), mas também pode ser enriquecida com a participação de outros docentes e planejamentos conjuntos, eventualmente por meio da metodologia ativa de trabalho por projetos. Nas orientações específicas, são assinalados alguns momentos da obra propícios para esse trabalho conjunto, seja por projetos, seja por outra forma de organização dos professores. Alguns caminhos para o planejamento individual ou coletivo são:

- a implementação de práticas organizacionais de trabalho colaborativo na escola, com docentes de diversas áreas tendo horários de trabalho coletivos previstos para o planejamento de suas ações;
- a disponibilidade da gestão escolar e a busca dos docentes por ações de formação continuada;
- a identificação de objetos do conhecimento, competências ou habilidades que possibilitem a interdisciplinaridade (FAGANELLO, 2020).

Mais subsídios para uma estratégia de ensino interdisciplinar podem ser encontrados em Frade e Meira (2012), Masschmann (2018) e Viçosa *et al*. (2018).

#Contextualização

Contextualização é uma expressão com significado amplo, que pode remeter a diferentes níveis da organização do trabalho pedagógico, e capaz de integrar diferentes abordagens, metodologias e estratégias didáticas. Ao investigar seus usos no processo pedagógico, Silva (2007, p. 121) apresenta três grandes perspectivas da contextualização. Leia a seguir, no esquema.

1. A contextualização como exemplificação, entendimento ou informação do cotidiano – pode ser caracterizada pela compreensão de situações problemáticas e pela aplicação de conteúdos científicos emoldurados por situação do dia a dia do [estudante], com ênfase na informação, e não no desenvolvimento de competências, atitudes ou valores.

2. A contextualização como entendimento crítico de questões científicas e tecnológicas relevantes que afetam a sociedade – característica da abordagem CTS (Ciência, Tecnologia e Sociedade), que em geral propõe a abordagem de temas de interesse social que permitam o desenvolvimento de atitudes e valores para que os estudantes enfrentem um mundo cada vez mais tecnológico e possam atuar, com responsabilidade, frente a questões problemáticas da ciência e da tecnologia relacionadas à sociedade.

3. A contextualização como perspectiva da transformação da realidade social – caracterizada pela ênfase no entendimento crítico dos aspectos sociais e culturais ligados à ciência e à tecnologia; em outras palavras, a inserção da prática social no ensino com vistas à transformação social.

Elaborado com base em: SILVA, E. L. *Contextualização no ensino de Química*: ideias e proposições de um grupo de professores. Orientadora: Maria Eunice Ribeiro Marcondes. 2007. 144 p. Dissertação (Mestrado em Ensino de Ciências) – Instituto de Química, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2007.

A BNCC apresenta a necessidade de contextualização dos saberes escolares na realidade dos estudantes, alertando para a promoção e a apreensão dessa realidade, bem como para a intervenção nela (BRASIL, 2017). Dessa forma, não se deve compreender a contextualização somente como exemplificação. Ela está imersa em aspectos históricos, científicos, tecnológicos e políticos, como nas duas últimas perspectivas de Silva (2007), servindo de "tecido e costura" capaz de unir em um todo orgânico a interdisciplinaridade, o trabalho com os conhecimentos prévios e a abordagem CTS, em um processo de ACT com o objetivo de promover a formação humana integral.

Atuando como eixo articulador do trabalho pedagógico, a contextualização pode abarcar as dimensões da ciência, da tecnologia, da cultura e do trabalho, entendido como as ações realizadas para a construção da própria existência humana (SAVIANI, 2007). Assim, embora se parta da realidade vivenciada pelo estudante, amplia-se o contexto para além do reconhecimento ou da interação com a realidade imediata, construindo amplo encadeamento de raciocínios e articulações também com outras realidades.

Como exemplos do uso da realidade imediata como forma de iniciar a contextualização, podemos citar a alimentação, o trânsito, as condições de moradia, o tempo atmosférico, os esportes, os usos de energia, etc. Para isso, podem ser utilizados matérias jornalísticas, trechos de materiais de divulgação científica, fotografias, obras de arte, textos literários e diversos outros gêneros textuais que permitam pensar a realidade a partir de diferentes leituras e análises críticas. Assim, a partir da realidade imediata, pode-se, por exemplo, debater também outras realidades ou alternativas para o uso de tecnologias ou aplicações do conhecimento científico.

O uso dos conhecimentos prévios também é uma forma de trazer elementos do cotidiano do estudante para a prática de ensino contextualizada (FRANCO, 2021). Com isso, depara-se com uma série de concepções que fazem parte da bagagem cultural do estudante e que se relacionam com o conhecimento científico e com a realidade em seu entorno.

Como enfatizado, é possível que o estudante tenha formulado ou compreendido modelos explicativos diferentes daqueles construídos pela ciência, mas que até o momento parecem dar conta de explicar os fenômenos com os quais ele se depara. Uma estratégia válida não é simplesmente confrontar o estudante com o conhecimento científico, mas valorizar seu modelo explicativo como construção autônoma e, se for o caso, mostrar os limites de aplicação desse modelo.

A contextualização pode fornecer explicações de fenômenos não englobados pelo conhecimento prévio e permite ampliar o campo de aplicação dos conhecimentos científicos também para outras realidades. Ao estudar eletricidade, por exemplo, o estudante poderá perceber que o conhecimento popular sobre os raios não abarca todos os aspectos do funcionamento dos para-raios, como ilustrado no Capítulo 8 do Volume 8. Em certo sentido, isso é uma expansão da aplicação de conhecimentos da realidade imediata para outras realidades, proporcionadas pela contextualização e pela ACT. Nesse processo, promove-se a reflexão crítica do estudante sobre sua realidade e seus conhecimentos, podendo impeli-lo a buscar novos conhecimentos e analisar outras realidades. Ou seja, a contextualização pretende fornecer significado ao que se quer ensinar ao estudante, despertando nele a vontade de adquirir um conhecimento que ainda não possui, além de contribuir para que ele seja capaz de interferir em sua realidade imediata e para além dela (LEITE; RADETZKE, 2017).

Mais uma forma de contextualizar é promover um trabalho de campo – uma possibilidade de metodologia ativa – em museus, observatórios, planetários, exposições, usinas, fábricas e outras instituições, e fazer desse trabalho um ponto de partida para ampliar o sentido do que está sendo estudado. Pode-se, por exemplo, tratar dos conhecimentos necessários às práticas de diversos profissionais, como enfermeiros, farmacêuticos, engenheiros civis, químicos ou de alimentos, mecânicos ou eletricistas. A própria comunidade escolar pode ser envolvida nessa atividade pedagógica e compartilhar com os estudantes os conhecimentos pessoais e profissionais que empregam no cotidiano.

Delfim Martins/Pulsar Imagens

Estudantes no parque do Museu Paraense Emílio Goeldi, em Belém (PA), 2014.

Outra possibilidade de contextualização do conhecimento é o uso da história da ciência para caracterizar um problema, sua origem e as tentativas de solução que levaram a sucessivos modelos teóricos. Afinal, o fato de a maior parte dos fenômenos da natureza e dos artefatos tecnológicos estar presentes no dia a dia não resume a ciência ao cotidiano nem torna suficientes os modelos construídos com base no senso comum.

A história, como aspecto de contextualização, mostra que a ciência retira o seu objeto de estudo do contexto em que está inserido, idealiza condições, adapta observações e essa é uma das maneiras de construir suas teorias e mesmo de desenvolver tecnologias. Essa construção pode ser marcada por continuidades e rupturas, com diferentes implicações na sociedade, e também pode ter gerado controvérsias, beneficiado algumas pessoas, promovendo determinadas relações de gênero, étnico/raciais, de classe, e assim por diante.

Um exemplo abordado na coleção é o trabalho sobre calor e a vida na Terra, que envolve diversos capítulos do Volume 7. Ele se inicia com a discussão energética, passa pela invenção das máquinas térmicas e a Revolução Industrial, e culmina na intensificação do efeito estufa e na questão contemporânea das mudanças climáticas. Ao contextualizar a produção científica e tecnológica, são reinseridos no processo pedagógico os aspectos históricos, políticos, econômicos, filosóficos e sociais do conhecimento, enriquecendo as possibilidades de interdisciplinaridade e de desenvolvimento do pensamento crítico.

Uma sugestão é que a escolha dos contextos reflita dois aspectos: o conteúdo a ser aprendido e o que tem sentido na prática social do estudante, em termos presentes e futuros. Por isso, a contextualização deve ser mais ampla do que a perspectiva da exemplificação. Nessa perspectiva limitada, um material didático ou o(a) professor(a) estruturaria um conteúdo de maneira demasiadamente abstrata e desvinculada da realidade e, ao final, ilustraria sua aplicação – por exemplo, definir biodiversidade de modo abstrato e, por fim, comentar as questões envolvidas na manutenção da biodiversidade. Ao contextualizar na perspectiva mais ampla, a intenção é motivar o estudante a refletir sobre os aspectos sociais, ambientais e econômicos da manutenção da biodiversidade para que ele inicie o processo de aprendizagem reconhecendo o significado do conteúdo que será aprendido. Essa é uma possibilidade presente, por exemplo, no Capítulo 4 do Volume 9, em que o assunto da conservação da biodiversidade pode ser iniciado pelo tema das abelhas e pela reflexão sobre o que aconteceria se elas fossem extintas.

Para Figueiredo (2017, p. 82), a contextualização permite aos estudantes refletir "sobre o verdadeiro papel da ciência em suas vidas, entendendo-a como parte de uma cultura produzida por homens e mulheres, bem como a sua relevância na compreensão dos fenômenos naturais por eles/as observados no mundo que os/as cerca".

Para isso, devem ser ofertados aos professores um tempo adequado de preparação de aulas e alguma flexibilidade relativa ao cumprimento de planos de ensino, sendo importante a parceria com a equipe de gestão escolar nessa questão. Tais requisitos foram apontados pelos próprios docentes em uma pesquisa realizada por Cortez e Darroz (2017), que revelou fatores capazes de contribuir para o ensino contextualizado ou de prejudicá-lo.

Esta coleção conta com contextualizações de diferentes naturezas, por exemplo, a partir do cotidiano, da tecnologia ou da história da ciência, que podem auxiliá-lo(a) na tarefa do ensino contextualizado. Como as turmas costumam ser formadas por estudantes de diferentes perfis, a variação no emprego das estratégias de ensino é uma forma de tornar o ensino mais atrativo e efetivo a todos, respeitando os tempos e as experiências anteriores dos discentes. O incentivo ao diálogo, ao questionamento para a solução de dúvidas e aprofundamento dos conhecimentos e dos trabalhos em grupos, assim como as abordagens com outros professores e os trabalhos de campo, também podem ser estratégias muito proveitosas para lidar com a variedade na base cultural e escolar dos estudantes.

Temas Contemporâneos Transversais (TCT)

As estratégias da interdisciplinaridade e da contextualização se relacionam com a transversalidade do conhecimento. Nas Diretrizes Curriculares Nacionais Gerais para a Educação Básica, consta o seguinte no parágrafo segundo do artigo 17:

> § 2º A interdisciplinaridade e a contextualização devem assegurar a transversalidade do conhecimento de diferentes disciplinas e eixos temáticos, perpassando todo o currículo e propiciando a interlocução entre os saberes e os diferentes campos do conhecimento. (BRASIL, 2010b, p. 7)

O conceito de transversalidade é esclarecido pelo Parecer CNE/CEB n. 7/2010 (BRASIL, 2010a), que o define como uma proposta didática na qual os conhecimentos escolares são tratados de forma integrada, em uma prática educativa em que não só se aprende sobre a realidade – os conhecimentos historicamente sistematizados –, mas também se aprende na realidade (os conhecimentos devem ser contextualizados) e a partir da realidade (as problemáticas que os originaram emergem do contexto). Sob esse ponto de vista, parte-se do "pressuposto de que os sujeitos são agentes da arte de problematizar e interrogar, e buscam procedimentos interdisciplinares capazes de acender a chama do diálogo entre diferentes sujeitos, ciências, saberes e temas" (BRASIL, 2010a, p. 24).

O trabalho da transversalidade por temas, os Temas Contemporâneos Transversais (TCT), foi a opção da BNCC (BRASIL, 2017), que definiu seis macroáreas temáticas:

Governo Federal/Ministério da Educação/BNCC

BRASIL. Ministério da Educação. Secretaria de Educação Básica. *Temas Contemporâneos Transversais na BNCC*: contexto histórico e pressupostos pedagógicos. Brasília, DF: MEC: SEB, 2019. Disponível em: http://basenacionalcomum.mec.gov.br/images/implementacao/contextualizacao_temas_contemporaneos.pdf. Acesso em: 15 maio 2022.

Os temas visam integrar os conceitos, as habilidades e as competências curriculares à resolução de problemas e à construção de uma sociedade mais justa, ética e igualitária. Assim, promovem o conhecimento como construção coletiva, a substituição de uma concepção fragmentada dos saberes por uma visão sistêmica e a problematização da realidade como situação de aprendizagem, segundo o documento que detalha os contextos históricos e os pressupostos pedagógicos dos TCT.

Pensadores como Saviani (2019) e Santos (2012), que se interrogam sobre o futuro e a importância da educação, defendem a necessidade de associar o conteúdo escolar com a realidade vivida. Consideram que a educação escolar tem a responsabilidade de transformar a realidade, trabalhando, além dos conteúdos considerados clássicos, também aqueles que tenham uma finalidade crítica social.

Educar e aprender são fenômenos que envolvem todas as dimensões do ser humano e, quando isso deixa de acontecer, produz alienação e perda do sentido social e individual no viver. É preciso superar as formas de fragmentação do processo pedagógico em que os conteúdos não se relacionam, não se integram e não interagem.

Nesse sentido, os TCT têm a condição de explicitar a ligação entre os diferentes componentes curriculares de forma integrada, bem como de fazer sua conexão com situações vivenciadas pelos estudantes em suas realidades, contribuindo para trazer contexto e contemporaneidade aos objetos de conhecimento descritos na BNCC.

Em todos os volumes desta coleção, os TCT estão presentes de modo a auxiliar os docentes a pôr em prática a obrigatoriedade legal de incorporá-los aos currículos escolares. Por exemplo, o Volume 8 contribui com o trabalho do tema Direitos da Criança e do Adolescente (Capítulo 3), Educação Ambiental (Capítulos 1, 10 e 13), Educação Alimentar e Nutricional (Capítulo 4), Saúde (Capítulos 2 a 7), Educação para o Consumo (Capítulo 9), Ciência e Tecnologia (Capítulo 8) e Diversidade Cultural (Capítulos 8, 11 e 12). Nas *Orientações didáticas*, mais detalhes são fornecidos sobre a possibilidade de trabalho com os TCT.

IV. BNCC e ensino de Ciências

A Base Nacional Comum Curricular (BNCC), publicada em 2017 pelo Ministério da Educação, tem o objetivo de orientar a construção do currículo e das propostas pedagógicas nos sistemas e nas redes de ensino do Brasil, ou seja, o documento busca definir os conhecimentos a que todos os estudantes têm direito ao longo da Educação Básica.

No entanto, esse objetivo não deve ser confundido com uma ideia de estabelecer listas de conteúdos estanques ou de uniformizar os currículos. A própria BNCC considera que "as competências e diretrizes são comuns, os currículos são diversos", como expresso anteriormente na Constituição Brasileira e na Lei de Diretrizes e Bases (LDB). Assim, as disparidades educacionais e os diferentes contextos e realidades das escolas e dos estudantes precisam ser os pontos relevantes para pensar o currículo.

A BNCC, então, orienta a definição de aprendizagens essenciais, e não apenas dos conteúdos mínimos a ser ensinados (BRASIL, 2017). Reforça, em seu texto, a necessidade de equidade na educação brasileira, reconhecendo a importância de compreender o que os estudantes de cada contexto necessitam ao estabelecer os currículos.

Para isso, a BNCC entende que as ações pedagógicas devem ser organizadas visando ao desenvolvimento de competências e habilidades. As **competências** são definidas como "a mobilização de conhecimentos (conceitos e procedimentos), habilidades (práticas, cognitivas e socioemocionais), atitudes e valores para resolver demandas complexas da vida cotidiana, do pleno exercício da cidadania e do mundo do trabalho" (BRASIL, 2017, p. 13). O documento explicita as **competências gerais** que os estudantes devem desenvolver na Educação Básica:

1. Valorizar e utilizar os conhecimentos historicamente construídos sobre o mundo físico, social, cultural e digital para entender e explicar a realidade, continuar aprendendo e colaborar para a construção de uma sociedade justa, democrática e inclusiva.
2. Exercitar a curiosidade intelectual e recorrer à abordagem própria das ciências, incluindo a investigação, a reflexão, a análise crítica, a imaginação e a criatividade, para investigar causas, elaborar e testar hipóteses, formular e resolver problemas e criar soluções (inclusive tecnológicas) com base nos conhecimentos das diferentes áreas.
3. Valorizar e fruir as diversas manifestações artísticas e culturais, das locais às mundiais, e também participar de práticas diversificadas da produção artístico-cultural.
4. Utilizar diferentes linguagens – verbal (oral ou visual-motora, como Libras, e escrita), corporal, visual, sonora e digital –, bem como conhecimentos das linguagens artística, matemática e científica, para se expressar e partilhar informações, experiências, ideias e sentimentos em diferentes contextos e produzir sentidos que levem ao entendimento mútuo.
5. Compreender, utilizar e criar tecnologias digitais de informação e comunicação de forma crítica, significativa, reflexiva e ética nas diversas práticas sociais (incluindo as escolares) para se comunicar, acessar e disseminar informações, produzir conhecimentos, resolver problemas e exercer protagonismo e autoria na vida pessoal e coletiva.
6. Valorizar a diversidade de saberes e vivências culturais e apropriar-se de conhecimentos e experiências que lhe possibilitem entender as relações próprias do mundo do trabalho e fazer escolhas alinhadas ao exercício da cidadania e ao seu projeto de vida, com liberdade, autonomia, consciência crítica e responsabilidade.
7. Argumentar com base em fatos, dados e informações confiáveis, para formular, negociar e defender ideias, pontos de vista e decisões comuns que respeitem e promovam os direitos humanos, a consciência socioambiental e o consumo responsável em âmbito local, regional e global, com posicionamento ético em relação ao cuidado de si mesmo, dos outros e do planeta.
8. Conhecer-se, apreciar-se e cuidar de sua saúde física e emocional, compreendendo-se na diversidade humana e reconhecendo suas emoções e as dos outros, com autocrítica e capacidade para lidar com elas.
9. Exercitar a empatia, o diálogo, a resolução de conflitos e a cooperação, fazendo-se respeitar e promovendo o respeito ao outro e aos direitos humanos, com acolhimento e valorização da diversidade de indivíduos e de grupos sociais, seus saberes, identidades, culturas e potencialidades, sem preconceitos de qualquer natureza.
10. Agir pessoal e coletivamente com autonomia, responsabilidade, flexibilidade, resiliência e determinação, tomando decisões com base em princípios éticos, democráticos, inclusivos, sustentáveis e solidários.

#Trabalho com as competências gerais

As competências gerais são trabalhadas dentro da estrutura da BNCC para o Ensino Fundamental, que se organiza em cinco áreas de conhecimento: Linguagens, Matemática, Ciências da Natureza, Ciências Humanas e Ensino Religioso. A área de Ciências da Natureza concentra o componente curricular Ciências, que estabelece o trabalho com conhecimentos da Biologia, da Física, da Química e das Geociências, integrados para explicar os fenômenos naturais e permitir uma leitura de mundo mais condizente com a sua complexidade.

Todas as competências gerais são trabalhadas em diferentes momentos desta coleção, com indicações nas *Orientações didáticas*. Alguns exemplos desses momentos estão elencados a seguir.

Competência geral 1

Essa competência é abordada e desenvolvida em momentos que permitem aos estudantes mobilizar os conhecimentos historicamente construídos sobre o mundo e as conclusões que foram apreendidas pela humanidade ao longo da história para compreender, por exemplo, os fenômenos relacionados à evolução biológica, à constituição da matéria e à constituição do Universo.

Competência geral 2

Trabalhada ao longo da coleção nas atividades propostas, principalmente na seção *#Experimentar* e nos boxes *#Para refletir*, que dispõem de estratégias diversificadas conforme

o objeto de conhecimento mobilizado, essa competência oferece momentos de exercício da curiosidade intelectual e de prática da abordagem própria das Ciências.

Competência geral 3

São diversos os momentos em que manifestações artísticas e culturais são apresentadas em contexto com os conhecimentos trabalhados, como no Capítulo 9 do Volume 9, em que há a valorização da música e de cantores nacionais, a fruição da escultura de Eco e a relação do mito grego com o conceito científico de som. Outro exemplo, no mesmo volume, está no Capítulo 10, em que luz e cor são tratadas por meio da obra da artista peruana Cecilia Paredes e também de trabalhos do artista indiano Anish Kapoor e do chinês Liu Bolin. No Capítulo 14, que trata da evolução estelar e da vida fora da Terra, os estudantes são convidados a ler e analisar um trecho da obra *Guerra dos Mundos*, de H. G. Wells.

Competência geral 4

Ao longo da coleção, são reservados momentos, em especial na seção *#Atividades* ou no boxe *#Para refletir*, de produção de material de divulgação científica, utilizando diferentes linguagens. São exemplos as situações que envolvem pesquisa e argumentação, construção de gráficos e elaboração de histórias em quadrinhos (como no Capítulo 4 do Volume 6, para explicar a formação do solo).

Competência geral 5

Trabalhada em especial nas seções *#Atividades* e *#Experimentar* e nos boxes *#Para refletir* e *#Para interpretar*, em atividades elaboradas para o exercício da argumentação baseada em fatos, dados e informações confiáveis, geralmente, por meio de pesquisas e coleta de dados. Parte das atividades propostas mobiliza, ainda, a análise de questões ambientais e a proposição de soluções nos níveis individual e coletivo.

Competência geral 6

Desenvolvida na seção *#Atividades* e nos boxes *#Para interpretar* e *#Para refletir*, com a proposta de produção de materiais de divulgação utilizando diferentes linguagens como finalização de situações que envolvam pesquisa e argumentação.

Competência geral 7

Ao longo do volume, são reservados momentos, em especial em itens da seção *#Atividades* e do boxe *#Para refletir*, para exercício da argumentação baseada em fatos, dados e informações confiáveis, geralmente a partir de pesquisas e coleta de dados. São exemplos as atividades de interpretação e reflexão do Capítulo 2 do Volume 8, sobre o conceito de adolescência em diferentes períodos da vida. Parte das atividades propostas, ainda, mobiliza a avaliação de questões ambientais e a proposição de soluções nos níveis individual e coletivo, como no Capítulo 13 do Volume 6, sobre as transformações da matéria.

Competência geral 8

O trabalho com essa competência ocorre principalmente ao abordar questões relativas à saúde, como na Unidade 3 do Volume 6, que trabalha o uso de substâncias psicoativas e estimula o cuidado com a saúde física e emocional.

Competência geral 9

A empatia, o diálogo, a resolução de conflitos e a cooperação são estimulados, por exemplo, no Volume 6, ao longo do tópico *As aparências podem enganar*, durante as atividades propostas de debate e de estratégias de resolução de problemas. O trabalho com essa competência é estimulado também em atividades que propõem a análise de questões socioambientais e relativas aos direitos humanos – como no Volume 9, no estudo do som, por meio do exemplo de pessoas surdas aprendendo a tocar instrumentos musicais e utilizando mochilas sensoriais para a fruição de *shows*, desestimulando preconceitos com deficiências auditivas ou de fala.

Competência geral 10

Essa competência é trabalhada, por exemplo, ao se abordarem questões relativas à preservação ambiental e ao papel da mulher na ciência, como nos Capítulos 3 e 14 do Volume 9, no boxe *#A ciência é feita por pessoas*, que apresenta cientistas brasileiras atuais, ou na proposta de uma atividade para combater o negacionismo científico, no Capítulo 13 do Volume 8. Também na discussão do Capítulo 13 do Volume 8, sobre geração de energia elétrica e aquecimento global, encontram-se passagens de texto e atividades que requerem dos estudantes a tomada de decisão e a execução de ações responsáveis com base em princípios éticos, democráticos e sustentáveis.

#Trabalho com as competências específicas de Ciências da Natureza

O ensino de Ciências sugerido na BNCC parte do pressuposto de que vivemos em uma sociedade fortemente marcada pelo desenvolvimento científico e tecnológico. Desse modo, somos cada vez mais dependentes de decisões que precisam levar em conta conhecimentos científicos e análises de seus processos e produtos considerando os contextos ambientais, sociais, políticos e culturais. Essa perspectiva mostra

a importância do ensino de Ciências no Ensino Fundamental, estabelecido de forma a integrar os conhecimentos e comprometido com a formação integral dos estudantes.

Para isso, é importante partir de uma concepção de ciência não neutra, ou seja, que possibilite identificar e analisar os diferentes impactos, incluindo os positivos e os negativos, que o desenvolvimento científico e tecnológico pode provocar sobre a natureza e a sociedade. Em uma abordagem que contribua para a Alfabetização Científica e Tecnológica, como citamos anteriormente, o foco do ensino não deve estar no domínio dos aspectos matemáticos dos conceitos a serem ensinados, mas no processo de construção, apropriação e interpretação desses conhecimentos.

A BNCC, então, coloca o protagonismo dos estudantes como primordial para que isso seja possível. Dentro do ensino de Ciências, essa perspectiva se materializa a partir de atividades investigativas e não de propostas fixas em que já se saibam os resultados com antecedências ou descoladas de problemas reais dos estudantes e de sua comunidade. Assim, é necessário que os professores organizem situações de aprendizagem partindo de questões que sejam desafiadoras e, reconhecendo a diversidade cultural, estimulem o interesse e a curiosidade científica dos estudantes e possibilitem definir problemas, levantar, analisar e representar resultados, comunicar conclusões e propor intervenções (BRASIL, 2017, p. 322).

Para orientar o trabalho no Ensino de Ciências, a BNCC, a partir das competências gerais da Educação Básica e dos princípios do ensino das Ciências da Natureza apresentados anteriormente, propõe que essa área de conhecimento permita o desenvolvimento das seguintes competências específicas no Ensino Fundamental – Anos Finais:

1. Compreender as Ciências da Natureza como empreendimento humano, e o conhecimento científico como provisório, cultural e histórico.
2. Compreender conceitos fundamentais e estruturas explicativas das Ciências da Natureza, bem como dominar processos, práticas e procedimentos da investigação científica, de modo a sentir segurança no debate de questões científicas, tecnológicas, socioambientais e do mundo do trabalho, continuar aprendendo e colaborar para a construção de uma sociedade justa, democrática e inclusiva.
3. Analisar, compreender e explicar características, fenômenos e processos relativos ao mundo natural, social e tecnológico (incluindo o digital), como também as relações que se estabelecem entre eles, exercitando a curiosidade para fazer perguntas, buscar respostas e criar soluções (inclusive tecnológicas) com base nos conhecimentos das Ciências da Natureza.
4. Avaliar aplicações e implicações políticas, socioambientais e culturais da ciência e de suas tecnologias para propor alternativas aos desafios do mundo contemporâneo, incluindo aqueles relativos ao mundo do trabalho.
5. Construir argumentos com base em dados, evidências e informações confiáveis e negociar e defender ideias e pontos de vista que promovam a consciência socioambiental e o respeito a si próprio e ao outro, acolhendo e valorizando a diversidade de indivíduos e de grupos sociais, sem preconceitos de qualquer natureza.
6. Utilizar diferentes linguagens e tecnologias digitais de informação e comunicação para se comunicar, acessar e disseminar informações, produzir conhecimentos e resolver problemas das Ciências da Natureza de forma crítica, significativa, reflexiva e ética.
7. Conhecer, apreciar e cuidar de si, do seu corpo e bem-estar, compreendendo-se na diversidade humana, fazendo-se respeitar e respeitando o outro, recorrendo aos conhecimentos das Ciências da Natureza e às suas tecnologias.
8. Agir pessoal e coletivamente com respeito, autonomia, responsabilidade, flexibilidade, resiliência e determinação, recorrendo aos conhecimentos das Ciências da Natureza para tomar decisões diante de questões científico-tecnológicas e socioambientais e a respeito da saúde individual e coletiva, com base em princípios éticos, democráticos, sustentáveis e solidários.

O trabalho com as competências específicas está presente em diversos momentos de cada volume desta coleção, do mesmo modo como apresentado para as competências gerais. Esses momentos estão indicados na parte específica deste Manual.

#Trabalho com unidades temáticas, objetos de conhecimento e habilidades

A BNCC estabelece unidades temáticas para orientar a elaboração dos currículos de Ciências da Natureza, que se repetem em todo o Ensino Fundamental. São elas: **Matéria e energia**; **Vida e evolução**; **Terra e Universo**. O objetivo é que essas unidades temáticas não sejam trabalhadas de forma isolada, mas que se integrem na interpretação de fenômenos naturais ou grandes temas, como Meio Ambiente ou Saúde, por exemplo.

Essa forma de estruturação trouxe também mudanças na forma que havia se estabelecido em décadas de ensino de Ciências nas escolas, sendo necessário rever abordagens, estruturação da sequência de conteúdos e adequação de linguagens para cada faixa etária dos estudantes.

A coleção didática apresentada visa exatamente auxiliar essa nova perspectiva. Por exemplo, ao trabalhar o sistema nervoso humano com estudantes do 6º ano, há questionamentos muito presentes entre os professores – "Como e o que aprofundar?";

"Como aproximar dos estudantes esse assunto tão complexo?"; "Quais conhecimentos prévios mobilizar?" –, com os quais esperamos contribuir ao trazer propostas pedagógicas e atividades que favoreçam a aprendizagem.

A própria BNCC propõe que essas unidades temáticas sejam trabalhadas de forma continuada nos anos finais do Ensino Fundamental, de modo que a complexidade dos objetos de conhecimento e das habilidades cresça de forma progressiva. Essa forma de trabalho deve permitir também a ampliação paulatina da capacidade de abstração e da autonomia de ação e de pensamento e o aumento do interesse dos estudantes pela vida social e pela busca de uma identidade própria (BRASIL, 2017).

A título de exemplo, o quadro a seguir apresenta uma sequência de objetos de conhecimento e habilidades da unidade temática "Vida e evolução", em que é possível identificar que a habilidade proposta para o 6º ano é essencial para o desenvolvimento das habilidades dos anos seguintes, relacionadas com a compreensão dos conceitos biodiversidade e evolução biológica.

ANO	OBJETO DE CONHECIMENTO	HABILIDADE
6º	Célula como unidade da vida	**EF06CI06** Concluir, com base na análise de ilustrações e/ou modelos (físicos ou digitais), que os organismos são um complexo arranjo de sistemas com diferentes níveis de organização.
7º	Diversidade de ecossistemas	**EF07CI07** Caracterizar os principais ecossistemas brasileiros quanto à paisagem, à quantidade de água, ao tipo de solo, à disponibilidade de luz solar, à temperatura etc., correlacionando essas características à flora e fauna específicas.
8º	Mecanismos reprodutivos	**EF08CI07** Comparar diferentes processos reprodutivos em plantas e animais em relação aos mecanismos adaptativos e evolutivos.
9º	Ideias evolucionistas	**EF09CI11** Discutir a evolução e a diversidade das espécies com base na atuação da seleção natural sobre as variantes de uma mesma espécie, resultantes de processo reprodutivo.

Nessa proposta, a coleção apresenta os conhecimentos em diferentes níveis de aprofundamento, pensando a estrutura proposta pela BNCC de maneira a estimular um desenvolvimento progressivo dos estudantes. Além disso, há a retomada de conhecimentos em boxes, como *#Integrando as Ciências*, ou no texto principal da obra, indicando informações e detalhamentos para que os estudantes retomem informações e reflitam sobre o que está sendo apresentado.

Na perspectiva da BNCC, o ensino de Ciências também requer a leitura inferencial; a produção de análises críticas, criativas e propositivas; as argumentações oral e escrita; a investigação científica e o pensamento computacional por parte dos estudantes. São esses os tópicos explorados a seguir.

#Leitura inferencial

A prática escolar é permeada por diversos tipos de leituras, verbais e não verbais: são textos didáticos, notícias jornalísticas, textos literários, textos científicos, histórias em quadrinhos, charges, obras artísticas, fotografias, ilustrações, gráficos, entre outros.Também podem ser textos orais: as exposições dialogadas, as apresentações, os debates, as perguntas e as respostas, etc.

Em todos esses casos, os estudantes precisam atribuir sentidos aos textos com que têm contato. Para além de localizar informações, estabelecem relações com o que está explícito e implícito no texto, fazem deduções, tiram conclusões e podem ter múltiplos entendimentos, a depender das experiências e dos conhecimentos que possuem. Isso é fazer leituras inferenciais.

James Jiao/Shutterstock

A leitura inferencial é uma das capacidades a ser desenvolvida pelos estudantes no Ensino Fundamental – Anos Finais.

Novamente se observa como os conhecimentos prévios são fatores a serem considerados no trabalho pedagógico, no caso, capazes de impactar a qualidade das inferências feitas pelos estudantes em suas leituras. Os conhecimentos mobilizados podem ser conceituais, procedimentais e linguísticos, todos articulados para se extraírem significados de um texto (KLEIMAN, 2010).

Desenvolver a capacidade de inferir requer, portanto, o contato com diferentes gêneros textuais, o desenvolvimento de competências comunicacionais e interpretativas, o raciocínio lógico dedutivo e o domínio de vocabulário e de conceitos técnicos e científicos.

Questões que antecipam informações antes da leitura completa do texto, perguntas que relacionam o texto ao conteúdo estudado e a elaboração de sínteses e conclusões que exigem a articulação da ciência com o texto são maneiras de incrementar a qualidade das leituras inferenciais dos estudantes no âmbito do ensino de Ciências da Natureza.

Dedicar um tempo específico de aula para a leitura e o auxílio individual aos estudantes, utilizar diferentes gêneros textuais, explorar o que está implícito nos textos e incentivar a turma a interpretar em grupo e a externar respostas que preenchem lacunas de informação são formas de promover o desenvolvimento da capacidade de inferir entre estudantes de diferentes perfis.

De modo a contribuir para a prática constante de leitura e para o desenvolvimento da inferência, a coleção traz, entre outros, o boxe *#Para interpretar*, em que um texto é apresentado e seguido por questões que trabalham as informações explícitas e as implícitas, exploram a apropriação dos significados do texto e articulam essas informações e significados com o conteúdo ensinado.

#Produção de análises críticas, criativas e propositivas

Ser capaz de analisar situações de forma crítica, criativa e propositiva é uma aptidão muito desejável para os tempos atuais. Não apenas porque há novas demandas profissionais que requerem tais capacidades, mas, porque, na esteira das pedagogias críticas, são aptidões fundamentais para a transformação da realidade social (MOREIRA, 2021).

Lipman, Sharp e Oscanyan (2001) indicam que o melhor meio de estimular o pensamento crítico, criativo e propositivo é envolver as pessoas no diálogo. Portanto, o diálogo e a escuta ativa são os primeiros passos para que os estudantes sejam capazes de produzir análises críticas, criativas e propositivas. O diálogo estimula o conhecimento de outros pontos de vista, outras realidades, outras formas de solução de conflitos, outras formulações de problemas, e assim por diante. Além disso, ele também contribui para o compartilhamento de experiências e conhecimentos, favorecendo o trabalho com estudantes de diferentes perfis.

Nesse contexto, é preciso contar com atividades variadas que permitam a produção sistemática dos estudantes, com propostas abertas para que eles tenham liberdade criativa, cujos resultados gerem proposições passíveis de ser disseminadas e/ou efetivamente executadas.

A diversidade das atividades é importante para que estudantes de diferentes perfis se sintam estimulados e possam desenvolver suas aptidões. Por exemplo, algumas delas podem requerer a oralidade; outras, a produção textual; outras, habilidades artísticas; outras, o domínio de tecnologias digitais de informação e comunicação, etc.

Na coleção há recorrentes atividades que propiciam a produção de análises críticas, criativas e propositivas. Por exemplo, na Unidade 4 do Volume 9, em que se discute a Astronomia, há produções que abordam o papel da mulher na sociedade, o combate do negacionismo científico e a responsabilidade da mídia na divulgação de informações.

Também é possível que sejam realizadas atividades envolvendo atitudes solidárias e o contato com segmentos mais vulneráveis da sociedade. Não só a criticidade e a proposição são desenvolvidas, mas também a empatia, a cooperação, a responsabilidade e os princípios éticos e democráticos. Exemplos de ações desse tipo são as campanhas de arrecadação de mantimentos, a realização de mutirões e a visibilização aos problemas e discursos de pessoas em situação de vulnerabilidade social.

Outra possibilidade são atividades que envolvam o futuro dos estudantes, destacando a necessidade de se analisar criticamente o presente para propor soluções futuramente. É uma forma de estimulá-los à reflexão de suas próprias escolhas, como as relativas ao consumo, à alimentação ou à saúde. Os docentes podem, então, ajudá-los na superação de dificuldades durante a produção de análises e na proposição de ações que possam impactar o mundo em que vivem e a si mesmos. Mais uma vantagem dessas atividades é a possibilidade de envolver o autoconhecimento e o autocuidado.

#Argumentações oral e escrita

Explícita na BNCC, na competência geral 7 e na competência específica 5 de Ciências da Natureza, a argumentação está vinculada a princípios educacionais, éticos e de cidadania. O encadeamento de ideias em discursos orais e escritos, de modo a defender um ponto de vista ou propor soluções para um problema, é central para a vida em sociedade.

Além disso, a construção do conhecimento científico pode ser entendida como um processo de tomada de decisões que requer a enunciação de argumentos para se defender

uma escolha, levando-se em conta as evidências, os saberes e as crenças.

George Rudy/Shutterstock

No ensino de Ciências a argumentação deve ser visada, exercitada e aprimorada.

> Quando nós colocamos a capacidade de desenvolver um argumento como um objetivo, significa um interesse não somente na resolução de problemas de Ciências pelos estudantes (nível cognitivo ou estratégico), mas também implica dar atenção aos critérios que conduzem a uma ou outra solução, ao porquê de algumas soluções terem sido descartadas, como esse processo de comparação é compreendido, quais analogias ou metáforas levaram a esse entendimento (nível epistemológico), bem como no acompanhamento dos estudantes em sua própria aprendizagem (nível metacognitivo) (JIMÉNEZ-ALEIXANDRE; RODRÍGUEZ; DUSCHL, 2000, p. 762, *apud* SASSERON; CARVALHO, 2011, p. 100).

Entre outras opções, a argumentação pode ser trabalhada em dois eixos concomitantes: um relacionado com a estrutura do argumento e o outro relacionado com sua qualidade. Nessa perspectiva, um primeiro passo para a argumentação é o levantamento de dados e informações, que podem ser obtidos por meio de pesquisas e da leitura inferencial, e o cuidado com os dados existentes, que devem ser analisados criticamente. Um segundo passo é trabalhar com os dados e as informações de modo a estruturar um encadeamento lógico e coerente de descrições, justificativas e previsões embasadas nos dados e informações. Essa etapa pode evidenciar contrastes, conexões ou confirmações entre as informações, levando ao fim do ciclo argumentativo, que se encerra com as construções lógicas que compõem as explicações enunciadas oralmente ou por escrito ao se argumentar, conduzindo à comunicação de uma conclusão (SASSERON; CARVALHO, 2011).

Apropriar-se da estrutura de argumentação e dominar seu uso auxilia os estudantes na compreensão de textos científicos e na diferenciação de afirmações científicas ou não (MCNEIL; KRAJCIK, 2011). Notícias falsas, negacionismos e simplificações exageradas passam a ser alvo de criticidade dos estudantes, que se tornam capazes de defender seus pontos de vista de forma cientificamente embasada.

Novamente, a diversidade de atividades e seu emprego sistemático contribui para ensinar estudantes de diferentes perfis a desenvolver a capacidade de argumentar. Relações dialógicas e participativas na sala de aula e uma visão flexível do ensino de Ciências, interessado não só no saber científico, mas também no fazer ciência, são estratégias que podem ser empregadas no caso de turmas heterogêneas, como evidenciado por Vieira e Zaidan (2016), ainda que no âmbito do ensino de Matemática.

Outra possibilidade é a reunião, durante a aula ou em horário posterior, para a construção coletiva de argumentos em pequenos grupos sob orientação docente, na qual o(a) professor(a) poderá identificar os níveis de proficiência dos estudantes ao construírem e comunicarem argumentos e, assim, os auxiliar mais individualmente. Algumas perguntas que podem ser feitas aos estudantes são: "Como você chegou a essa conclusão?"; "Como você sustenta cientificamente sua resposta?"; "Como você argumentaria se estivesse em um debate?"; e "Por que você defende essa resposta?".

Na coleção são diversos os momentos em que a argumentação é trabalhada de forma oral ou escrita, em especial em *#Atividades* e nos boxes *#Para refletir*. Por exemplo, no Volume 7, Capítulo 5, há um exercício de argumentação relacionado ao vínculo da erupção de vulcões e com a saúde das pessoas. Nesse e em outros momentos, as *Orientações didáticas* indicam o trabalho com a argumentação fazendo referência à competência geral 7 ou à competência específica 5 da BNCC.

#Investigação científica

A investigação científica é uma exigência da BNCC por estar presente na competência específica 2 de Ciências da Natureza, mas também é um requisito quando se trabalha com a perspectiva de uma ACT dos estudantes: dominar processos, práticas e procedimentos da investigação científica, bem como refletir sobre elas e utilizá-las para a tomada de decisões.

Uma forma de trabalhar a investigação científica é pelo estímulo à pesquisa, pela proposição de situações-problema, pela realização de experimentos e trabalhos de campo, bem como pelo levantamento e pela análise de dados. A construção e a aplicação de questionários; o levantamento de bibliografias; a elaboração de problemas; a construção de hipóteses; as pesquisas em livros, artigos e na internet; a realização de previsões; e a análise e a comunicação de resultados são alguns exemplos de atividades que, com os experimentos, compõem o rol de estratégias utilizadas nesta coleção para promover o trabalho com a investigação científica.

Art_Photo/Shutterstock

A investigação não precisa estar restrita à execução de experimentos em laboratórios, embora eles também sejam uma maneira de colocá-la em prática.

O modo como essas atividades são apresentadas aos estudantes e conduzidas pelo(a) docente, assim como a própria forma de abordar os conteúdos das Ciências da Natureza, pode contribuir para um maior desenvolvimento da investigação científica. O objetivo é promover a reflexão crítica, a produção ativa e o engajamento dos estudantes com o conhecimento e as atividades. Assim, demanda-se deles o domínio dos procedimentos do fazer científico, os conteúdos conceituais, incluindo o vocabulário científico, e diversos valores e comportamentos, tais como responsabilidade, colaboração, criatividade, resiliência e organização.

Coerentes com a formação humana integral, a pedagogia histórico-crítica, a ACT e a abordagem CTS, o uso da pesquisa como princípio educativo e a proposta de ensino por investigação são formas de operacionalizar de modo sistemático e recorrente o trabalho com a investigação científica.

Na proposta de pesquisa como princípio educativo, a realidade dos estudantes é o ponto de partida para, em uma concepção dialógica de educação, levantar alguns problemas locais e/ou de interesse da comunidade escolar, a fim de se prosseguir com a apreensão de conceitos, procedimentos e atitudes científicas capazes de contribuir para a solução dos problemas levantados e transformação da realidade. Cabreira, Milani e Trombetta (2018), Diniz e Rodrigues (2020), Pauletti *et al*. (2021) e Araújo e Menin (2021) apresentam conceituações teóricas, relatam experiências de aplicação e alertam para vantagens, possibilidades e dificuldades do princípio educativo da pesquisa na Educação Básica.

No ensino de Ciências por investigação, partir de problematizações propostas pelo(a) professor(a) e incentivar a elaboração e o teste de hipóteses também são maneiras de colocar os estudantes em posições ativas de aprendizagem. Em torno desse núcleo, há diferentes variantes de ensino por investigação, mas elas não se restringem a testar as hipóteses por meio apenas da experimentação, propondo, também, por exemplo, a construção de protótipos, debates lógico-argumentativos e pesquisas bibliográficas. Algumas fontes de informações sobre o ensino por investigação podem ser encontradas em Carvalho *et al*. (2013), Sasseron (2015) e Solino e Sasseron (2019).

As atividades de pesquisa no Ensino Fundamental – Anos Finais

Fazer pesquisa é uma prática muito comum no ensino de Ciências, mesmo sem relação com a investigação científica ou com a experimentação. Por isso, cabe orientar os estudantes sobre como realizar buscas com vistas ao levantamento de informações e à apreensão de conteúdos.

Um primeiro passo é garantir que os estudantes entenderam o que está sendo pedido. Para isso, algumas sugestões são: ler novamente o enunciado, estar disponível para tirar dúvidas e questioná-los para verificar se compreenderam o contexto em que a pesquisa foi pedida.

Entre os materiais que podem servir de fonte, há livros de divulgação científica, livros didáticos, livros científicos, revistas, jornais, artigos e *sites* de internet. Além das páginas de órgãos oficiais, a internet também conta com buscadores especializados de livros ou de trabalhos científicos.

Rido/Shutterstock

A pesquisa se inicia pela seleção de plataformas nas quais serão feitas as buscas por meio das palavras-chave escolhidas.

Quanto às palavras-chave, o uso dos conceitos científicos são uma boa alternativa para escolhê-las e executar as buscas em bibliotecas, livros eletrônicos ou buscadores de internet. Nos últimos, também é possível fazer a busca em forma de pergunta. Pode-se, então, perguntar aos estudantes quais palavras-chave eles utilizariam e contribuir com as escolhas deles, inclusive sugerindo o uso de operadores lógicos para buscas na internet, como os termos E/AND para que duas palavras obrigatoriamente sejam buscadas e OU/OR quando se quer encontrar apenas um dos termos procurados. Expressões entre aspas também podem ser utilizadas nos buscadores para que os resultados retornem com páginas nas quais há a mesma ordem das palavras da busca.

Após a busca, o cuidado é com a seleção das fontes. Em especial na internet, é possível obter resultados de pesquisa de diversas fontes: *sites* de jornais e revistas, artigos científicos, visualização de páginas de livros, *sites* governamentais, páginas de instituições de ensino, *sites* de perguntas e respostas, e páginas em geral. Mas não é porque uma informação está em uma dessas fontes que ela é confiável. Embora nos *sites* de pergunta e respostas e nas páginas em geral a informação tenda a ser menos confiável, toda pesquisa deve ter seus resultados checados. Uma maneira de fazer isso é verificar se as mesmas informações estão presentes em outras fontes independentes. Além disso, é necessário cuidado, pois, no caso de veículos de mídia, é comum um veículo adquirir matérias de outro ou replicar os dados, o que não caracteriza as fontes como independentes. Trabalhos acadêmicos são revisados por pares, o que tende a lhes dar maior confiabilidade.

O passo seguinte é a organização dos dados. Uma estratégia é separar por tópicos ou assuntos e, então, construir um texto ou uma apresentação com base nessa organização, sempre citando as fontes. Durante essa etapa, informações não confirmadas por outras fontes também podem ser descartadas. No texto escrito ou na apresentação oral, também é o momento de interpretar e relacionar os dados e contextualizar as fontes, eventualmente apontando limitações na pesquisa.

Além de citar as fontes quando se expõem as informações coletadas nelas, elas devem ser referenciadas ao fim do trabalho. Caso julgue adequado, as fontes podem ser referenciadas segundo as normas da Associação Brasileira de Normas Técnicas (ABNT), mas esse não é um aprendizado essencial nos anos finais do Ensino Fundamental, podendo ficar em segundo plano diante das outras habilidades desenvolvidas por uma investigação científica e um trabalho de pesquisa.

#Pensamento computacional

A cientista da computação americana Jeannette Wing (2016) define a expressão *pensamento computacional* como um conjunto de atitudes e habilidades derivadas dos campos da matemática e da informática bastante útil para solucionar problemas na realidade de todas as pessoas. A ideia deriva da forma como a Ciência da Computação trabalha com sistemas grandes e complexos, nos quais há múltiplas variáveis atuando.

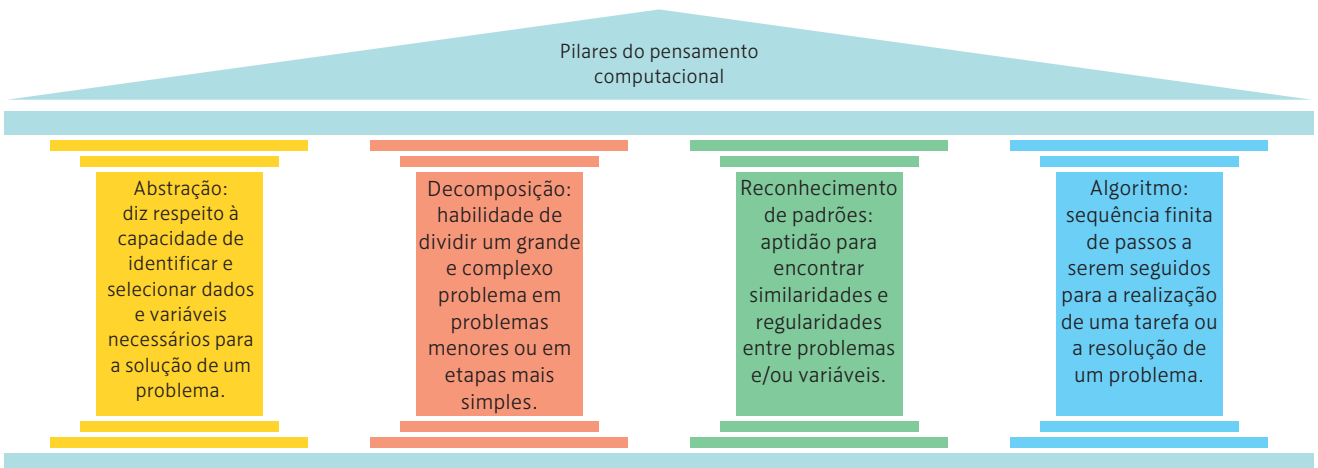
O pensamento computacional tem quatro pilares como base (BRACKMANN, 2017), são eles: a abstração, a decomposição, o reconhecimento de padrões e o algoritmo.

A abstração diz respeito à capacidade de identificar e selecionar dados e variáveis necessários para a solução de um problema. Por um lado, é muito comum que um problema do mundo real traga consigo muitas informações que não são relevantes para o seu estudo; por outro lado, pode haver outras tantas informações necessárias para sua solução que não são expostas com o problema.

A decomposição é a habilidade de dividir um grande e complexo problema em problemas menores ou em etapas mais simples, de modo que a resolução dessas etapas ou desses subproblemas leve à sua solução final.

O reconhecimento de padrões é a aptidão para encontrar similaridades e regularidades entre problemas e/ou variáveis. Assim, métodos de resolução de problemas similares podem ser empregados para a situação atual, ou relações matemáticas entre as variáveis podem ficar evidentes quando se olha para o comportamento dos dados de um determinado problema ou, ainda, podem ser percebidas regularidades dentro das etapas do próprio problema.

O algoritmo nada mais é do que uma sequência finita de passos a serem seguidos para a realização de uma tarefa ou a solução de um problema. No campo computacional, são usualmente representados por uma linguagem de programação executada em um computador. O algoritmo, quando claro e organizado, é facilmente reproduzível, possibilitando que outros também empreguem os passos e sejam capazes de testá-lo ou adaptá-lo para resolver problemas e tarefas similares.



Elaborado com base em: BRACKMANN, C. P. *Desenvolvimento do pensamento computacional através de atividades desplugadas na Educação Básica*. Orientador: Dante Augusto Couto Barone. 2017. Tese (Doutorado em Informática na Educação) – Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2017.

A BNCC traz o pensamento computacional de forma explícita, definindo-o como "[...] as capacidades de compreender, analisar, definir, modelar, resolver, comparar e automatizar problemas e suas soluções, de forma metódica e sistemática, por meio do desenvolvimento de algoritmos [...]" (BRASIL, 2017, p. 474).

No campo pedagógico, as atividades podem se tornar paulatinamente complexas ao longo dos Ensinos Fundamental e Médio para abarcar, até o fim dos estudos, os quatro pilares do pensamento computacional de modo simultâneo. Nesta coleção, o pensamento computacional é contemplado especialmente na seção *#Atividades* e no boxe *#Experimentar*, sem trabalhar necessariamente os quatro pilares de modo simultâneo. Por exemplo, no Capítulo 1 do Volume 6, os estudantes são convidados e elaborar os passos de um experimento – trabalhando com o pilar algoritmo. No Capítulo 14 do Volume 9, a proposta é identificar quais fatores seriam essenciais para a vida fora da Terra, além de refletir sobre as zonas habitáveis dos sistemas planetários. Assim, os estudantes podem desenvolver a capacidade de abstração e reconhecimento de padrões do pensamento computacional.

#Protagonismo juvenil

O protagonismo juvenil é um conceito muito presente no texto da BNCC, relacionado com competências gerais e específicas na Educação Infantil, no Ensino Fundamental e no Ensino Médio. Ele está relacionado a dar sentido ao que se aprende por meio da contextualização, colocando os jovens como sujeitos de sua própria aprendizagem e na construção de seu projeto de vida (BRASIL, 2017).

Os estudantes devem ser vistos como sujeitos ativos no cotidiano escolar, e não meros "fazedores de tarefas" previamente determinadas, assim como colaboradores e partícipes em instituições e movimentos sociais, incluindo os processos educativos que com eles se desenvolvem. Logo, o(a) professor(a) assume o papel de parceiro(a) e orientador(a) na vivência e no diálogo. As situações de ensino e aprendizagem devem ser estruturadas para que os estudantes efetivamente consigam desempenhar esse papel ativo e criativo diante dos saberes, reconstruindo-os e (re)inventando-os.

Nesse contexto, a ação educativa que considera o protagonismo juvenil rompe com a ideia de que os estudantes somente devem repetir o que lhes é ensinado. O que se explora é que eles sejam participantes efetivos, não somente do processo de ensino-aprendizagem, mas também dos processos de construção de mudanças sociais. Assim, o desenvolvimento do protagonismo juvenil torna-se um aliado para a formação integral dos estudantes, desenvolvendo o senso crítico e explorando os valores e princípios deles.

César Diniz/Pulsar Imagens

Jovens durante manifestação global por ações de combate às mudanças climáticas na avenida Paulista, em São Paulo (SP), 2022.

Isso mostra que o protagonismo juvenil não somente se relaciona com o envolvimento dos jovens com atividades do universo da escola ou pessoal, mas pode gerar efeitos e promover o desenvolvimento de habilidades para que eles tenham protagonismo na vida em sociedade. A escola é um importante espaço para os jovens reconhecerem as oportunidades para exercitar sua capacidade de protagonizar ações.

Como define o pedagogo Antonio Carlos Gomes da Costa:

> O protagonismo juvenil parte do pressuposto de que o que os adolescentes pensam, dizem e fazem pode transcender os limites do seu entorno pessoal e familiar e influir no curso dos acontecimentos da vida comunitária e social mais ampla. Em outras palavras, o protagonismo juvenil é uma forma de reconhecer que a participação dos adolescentes pode gerar mudanças decisivas na realidade social, ambiental, cultural e política onde estão inseridos. Nesse sentido, participar para o adolescente é envolver-se em processos de discussão, decisão, desenho e execução de ações, visando, através do seu envolvimento na solução de problemas reais, desenvolver o seu potencial criativo e a sua força transformadora. (COSTA, 2006, p. 65)

O protagonismo juvenil, então, se insere em uma proposta de participação democrática e tem como propósito criar condições para que os jovens possam exercitar de forma criativa e crítica a construção gradativa de sua autonomia (COSTA, 2006).

Esta coleção foi estruturada levando em conta essa percepção, principalmente considerando que o ensino de Ciências envolve conhecimentos e reflexões voltados para temas presentes no cotidiano e decisões que podem impactar a vida dos estudantes e da comunidade, como as que envolvem meio ambiente e saúde.

#Culturas juvenis

O conceito de culturas juvenis está associado a "situar o processo de produção de significados em torno de uma ideia, nesse caso, o universo da produção sociocultural dos jovens" (SANTOS; SANTOS; SCHNEIDER, 2020, p. 14). Para isso, é importante delimitar esse conceito como uma forma analítica e explicativa de compreender o comportamento dos jovens, entendendo que nem sempre eles se enquadram nas culturas prescritivas que a sociedade lhes impõe (PAIS, 2012).

Esse é um aspecto intrínseco dos jovens, à medida que se expressam de forma própria, buscando mostrar seus valores e como buscam construir a sua história, segundo suas próprias referências. Desse modo, eles mostram que o contexto atual é diferente do das gerações passadas e, a partir disso, constroem a base de sua história para o futuro.

Delfim Martins/Pulsar Imagens

O reconhecimento e a valorização das culturas juvenis enriquecem o processo de construção do conhecimento. Na imagem, torneio de robótica no festival SESI de robótica, em São Paulo (SP), 2020.

Assim, é imprescindível pontuar o uso do conceito de *culturas*, no plural, pois

> compreendemos a cultura como um conjunto de contribuições, trocas simbólicas (muitas vezes conflituosas) e resistências ativas em que cada grupo se faz presente. A cultura dá lugar às culturas e essas efetivamente se hibridizam no entrelaçamento dos múltiplos sujeitos que se organizam socialmente (MARTINS; CARRANO, 2011, p. 46).

Nas culturas juvenis, esses múltiplos sujeitos são os jovens, que se organizam socialmente em diferentes espaços e se entrelaçam em um processo de mediação entre eles e com outras faixas etárias, em que por meio de rupturas, mudanças e construções conduzem seu caminho no seu contexto histórico. Assim, o conceito de culturas juvenis expressa complexidade e heterogeneidade, a partir do momento em que se relaciona com um conjunto de experiências, *performances* e gestualidades comuns a uma pluralidade de comportamentos que não podem ser analisados de uma forma simplificadora ou unilateral (VELHO, 2010).

As culturas juvenis podem ser expressas por diferentes meios, como teatro, música, cinema, artes plásticas, grafite e dança, mas, como observam Santos, Santos e Schneider (2020), permitem também o surgimento de inúmeras outras expressões nos tempos atuais, como a produção de mídias alternativas, jovens escritores, produtores de conteúdo, *designers* de jogos digitais, empreendedores em *start-ups* digitais, gestores de mídias digitais, etc.

Então,

> Os jovens possuem um significativo campo de autonomia perante as instituições do denominado "mundo adulto" para construir seus próprios acervos e identidades culturais. Há uma via de mão dupla entre aquilo que herdam e a capacidade de cada um construir seus próprios repertórios culturais. (MARTINS; CARRANO, 2011, p. 44)

Desse panorama, decorrem a importância e a necessidade de inserir esses temas e as formas de expressão associadas às culturas juvenis no cotidiano escolar e no currículo, principalmente como modo de contextualização. Com isso, se garante na escola um espaço de inserção dessas manifestações culturais, partindo do mundo dos estudantes para o desenvolvimento dos mais variados conhecimentos.

Para que a escola de fato adentre o universo sociocultural dos jovens, é importante pesquisar as preferências e as formas de expressão dos estudantes, tais como as atividades esportivas com que se envolvem, os conteúdos midiáticos que produzem e consomem, os estilos musicais, artísticos e culturais com que se identificam e os espaços culturais que frequentam.

#Projeto de vida

O projeto de vida na BNCC é entendido como uma oportunidade para os estudantes reconhecerem seus interesses, limites, sonhos e potenciais, podendo assim definir metas e estratégias para conseguirem alcançar o que planejam para seu futuro; isso não é feito de uma maneira descolada da realidade, mas perpassando por "questionamentos sobre as diferentes violências físicas e simbólicas que se configuram diante das desigualdades sociais, étnicas e de gênero" (BRASIL, 2022).

Além disso, muitos estudantes demonstram de forma direta ou indireta aos professores que não seriam merecedores de sonhar. Diante de tal situação, grande parte do foco dos professores se estabelece em superar essas ideias deterministas e despertar nos estudantes a vontade de querer algo para si e se identificarem com seus sonhos (BRASIL, 2022).

Assim, a competência geral 6 para a Educação Básica define a necessidade de, com os estudantes,

> Valorizar a diversidade de saberes e vivências culturais e apropriar-se de conhecimentos e experiências que [lhes] possibilitem entender as relações próprias do mundo do trabalho e fazer escolhas alinhadas ao exercício da cidadania e ao seu projeto de vida, com liberdade, autonomia, consciência crítica e responsabilidade. (BRASIL, 2017, p. 9)

O projeto de vida é algo que se delimita para toda a Educação Básica. Nos anos finais do Ensino Fundamental, ele se configura como uma oportunidade de reflexão e autoconhecimento que apresenta elementos que podem contribuir com a atuação dos professores. Isso pode ser feito quando a escola estabelece

> uma articulação não somente com os anseios desses jovens em relação ao seu futuro, como também com a continuidade dos estudos no Ensino Médio. Esse processo de reflexão sobre o que cada jovem quer ser no futuro, e de planejamento de ações para construir esse futuro, pode representar mais uma possibilidade de desenvolvimento pessoal e social. (BRASIL, 2017, p. 62)

Com isso, o contato e o trabalho com as culturas juvenis, buscando o protagonismo juvenil para uma educação integral dentro das definições e dos contextos apresentados até aqui, fazem todo o sentido. Afinal, deve-se considerar que "a BNCC propõe a superação da fragmentação radicalmente disciplinar do conhecimento, o estímulo à sua aplicação na vida real, a importância do contexto para dar sentido ao que se aprende e o protagonismo do estudante em sua aprendizagem e na construção de seu projeto de vida" (BRASIL, 2017, p. 15).

Como apresentado, o uso das linguagens que formam as culturas juvenis pode trazer para dentro da sala de aula o contexto dos estudantes, aproximando seu mundo das perspectivas e possibilidades para o futuro em seu projeto de vida.

No caso específico do Ensino Fundamental, o trabalho com o projeto de vida pode ser feito por meio de simulações lúdicas, métodos ativos, encenações, dinâmicas e jogos cooperativos. Esse trabalho, sob orientação dos professores, permite aos estudantes internalizar saberes e traçar seus interesses, perceber seus limites e potenciais, planejar metas e estratégias para conseguir alcançar o que desejarem para seu futuro e até mesmo que, em um determinado momento, revejam essas metas e mudem de ideia, mas de uma maneira embasada, consciente e autônoma.

O respeito aos diferentes perfis e interesses e ao desenvolvimento dos estudantes ao longo do processo é a principal chave para acessar esses planos. Tal acesso pode ser realizado de forma sutil por meio de abordagens contextualizadas e de questionamentos de como entendem o mundo, como pensam o futuro ambiental ou social, e como se inserem nisso, por exemplo.

César Diniz/Pulsar Imagens

Mulheres com máscaras devido à pandemia de covid-19 segurando imitação de carteira de trabalho e cartaz em que se lê "A vida das mulheres negras importa", em São Paulo (SP), 2020. Na camisa da jovem à esquerda, lê-se "Lute como uma mulher".

#Respeito e diversidade nas escolas

Diversidade nas escolas diz respeito à inclusão de diferentes estudantes em um mesmo contexto educativo. Algumas das diferenças que os estudantes apresentam são culturais, socioeconômicas, étnico-raciais, de gênero, de corpo, de condição de saúde, de religião e de comportamento. O respeito às diferenças dos indivíduos, a oferta de oportunidades a todos e o estabelecimento de um ambiente harmonioso de convívio são centrais para uma ação educacional inclusiva e democrática.

Um primeiro objetivo é o combate a estereótipos e preconceitos. Uma das tensões que podem ocorrer em relações sociais complexas, como são as da escola, é a entre a suposta normalidade e a anormalidade, ou entre o comportamento considerado padrão e o comportamento diverso. Tais dicotomias produzem estereótipos e estigmas. Segundo Erving Goffman (1988, p. 133):

> A fórmula geral é evidente. Exige-se do indivíduo estigmatizado que ele se comporte de maneira tal que não signifique nem que sua carga é pesada, e nem que carregá-la tornou-o diferente de nós; ao mesmo tempo, ele deve manter a uma distância tal que nos assegure que podemos confirmar, de maneira indolor, essa crença sobre ele. Em outras palavras, ele é aconselhado a corresponder naturalmente, aceitando com naturalidade a si mesmo e aos outros, uma aceitação de si mesmo que nós não fomos os primeiros a lhe dar. Assim, permite-se que uma aceitação-fantasma forneça a base para uma normalidade-fantasma. (GOFFMAN, 1988, p. 133)

O respeito e a diversidade nas escolas não visam, portanto, apagar ou invisibilizar as diferenças. Como na reflexão de

Boaventura de Sousa Santos (2003, p. 56), "Temos o direito de ser iguais quando a nossa diferença nos inferioriza; e temos o direito de ser diferentes quando a nossa igualdade nos descaracteriza. Daí a necessidade de uma igualdade que reconheça as diferenças e de uma diferença que não produza, alimente ou reproduza as desigualdades".

Na escola, a importância de considerar, respeitar e acolher as diferenças também tem a função de proteger a saúde física e mental dos estudantes, combatendo, por exemplo, o racismo, a homofobia e o *bullying* – prática de violência física ou psicológica sistemática contra uma pessoa.

Mediação, diálogo, respeito, empatia e solidariedade são valores fundantes para o processo de solução de problemas, de convivência harmoniosa e de promoção de uma cultura da paz. Algumas ações que a comunidade escolar pode realizar nesse processo contínuo são:

- promover atividades de integração, em especial no início do ano letivo, para que cada um possa falar sobre sua identidade e ter contato com a dos outros. Uma dinâmica possível é cada estudante escrever uma ou mais características distintivas de si próprio em um papel e entregar ao (à) docente. Em seguida, cada estudante se apresenta e, ao final, o(a) professor(a) sorteia, um a um, o escrito inicial dos estudantes e os lê para a turma, que tenta adivinhar quem é a pessoa. Outra atividade é pedir aos estudantes que tragam algum objeto de sua cultura familiar para que ele possa se apresentar e contar a sua história com base nesse objeto;
- fortalecer a autoestima dos estudantes, apresentando a eles perfis de pessoas públicas que têm algo em comum com eles e alcançaram grandes feitos. Outra possibilidade é convidar pessoas de diferentes raças, religiões, nacionalidades, patologias, etc. para uma palestra com a turma. A palestra não necessariamente precisa girar em torno dessa diferença, mas pode, por exemplo, abordar como o assunto estudado faz parte da vida pessoal ou profissional do palestrante;
- trabalhar a empatia ao identificar, com os estudantes, quais são os sentimentos provocados por manchetes de notícias, *memes* de redes sociais ou comentários na internet e como esses textos ou os sentimentos que eles suscitam podem se relacionar com histórias de preconceito e intolerância;
- promover projetos de monitoria em que estudantes com maior facilidade em uma área do conhecimento possam cooperar com outros que apresentem dificuldade. Se possível, pode haver um revezamento dos monitores a cada semana para que mais pessoas experienciem a situação de tirar e solucionar dúvidas no projeto.
- abordar o conceito de cultura da paz e sua ligação, por exemplo, com o 16º Objetivo de Desenvolvimento Sustentável (ODS) da ONU e os direitos humanos. Também pode ser formado um comitê aberto para a mediação e a resolução de conflitos;
- apresentar e debater histórias de adultos voluntários ou retiradas de filmes e livros que envolvam temas como ansiedade, depressão, automutilação ou pensamentos suicidas por causa de um convívio social não harmonioso.

V. Avaliações

Partindo da proposta da BNCC de protagonismo dos estudantes e do compromisso com sua formação integral, pensar a avaliação somente faz sentido se for considerada e conduzida de modo a priorizar a dimensão processual na aprendizagem. Como enfatiza Luckesi (2009), a avaliação deve estar a favor do crescimento do(a) professor(a) e do estudante, em um processo dinâmico e integrativo.

Assim,

> Não se avalia para atribuir nota, conceito ou menção. Avalia-se para promover a aprendizagem do aluno. Enquanto o trabalho se desenvolve, a avaliação também é feita. Aprendizagem e avaliação andam de mãos dadas – a avaliação sempre ajudando a aprendizagem. (VILLAS BOAS, 2004, p. 29)

Nessa perspectiva, a avaliação apresenta como focos tanto o ensino (quando se avalia uma aula) quanto a aprendizagem (quando avalia o estudante). A avaliação deve permitir a reflexão e ser orientada de modo contextualizado, pois o objetivo maior é a formação integral dos estudantes, a fim de promover o desenvolvimento de pessoas conscientes e participativas. Isso pode ser feito a partir de diferentes perspectivas avaliativas.

Entre elas, está a **avaliação formativa**, que, de acordo com Hadji (2001), favorece o desenvolvimento do estudante, guiando e otimizando as aprendizagens em andamento, e dos professores, pois promove a oportunidade de analisar e reorientar o processo de ensino-aprendizagem.

Assim, na avaliação formativa, os estudantes têm a possibilidade de perceber seus erros e acertos, e planejar ações que favoreçam o desenvolvimento de sua aprendizagem. Para isso, a autoavaliação é parte importante da avaliação formativa, ocorrendo em todo o processo de ensino e aprendizagem, com o próprio estudante refletindo sobre o que aprendeu e os desafios que têm a superar.

Para os professores, a avaliação formativa permite identificar limites e possibilidades de sua ação pedagógica, analisando o que vem sendo realizado em sala de aula e repensando, se necessário, os planos de ação para que auxiliem a aprendizagem com base nas características dos estudantes que compõem sua turma. Como afirma Perrenoud (1999), não há

avaliação formativa sem considerar que todo o público escolar é heterogêneo e deve ter suas particularidades respeitadas, já que os estudantes não desenvolvem seus conhecimentos da mesma maneira.

Para que isso seja possível, os estudantes precisam receber o retorno de suas avaliações, independentemente do instrumento avaliativo utilizado, pois é por meio desse retorno que podem reconhecer a evolução dos seus conhecimentos.

Outra perspectiva avaliativa é a **avaliação diagnóstica**, definida por Luckesi (2009, p. 81) como "um instrumento de compreensão do estágio de aprendizagem em que se encontra o aluno, tendo em vista tomar decisões suficientes e satisfatórias para que possa avançar no seu processo de aprendizagem". Essa concepção se torna ainda mais significativa após o difícil período da pandemia de covid-19, em que foi necessário um ensino remoto que, mesmo com os esforços das escolas, nem sempre conseguiu suprir todas as necessidades de aprendizagem dos estudantes. Nesta coleção, o boxe *#Para iniciar* e, em alguns casos, o boxe *#Para refletir* apresentam essa perspectiva da avaliação diagnóstica no contexto pós-pandemia, com o objetivo de identificar o estágio de aprendizagem dos estudantes em relação ao assunto que será trabalhado.

Gerson Gerloff/Pulsar Imagens

Menina assistindo a aula de Matemática *on-line* em casa durante pandemia de covid-19, em Santa Maria (RS), 2021.

Assim, a avaliação diagnóstica se configura como uma ferramenta dialética, no sentido de permitir a interpretação dos resultados pelos docentes e a reavaliação de sua proposta pedagógica e postura diante dos dados resultantes do diagnóstico, sendo importante identificar também que a avaliação diagnóstica não é realizada apenas no início de trabalho, mas também acompanha o progresso dos estudantes, cumprindo uma função de realimentação do processo de ensino (LIBÂNEO, 1994). Aqui também existe espaço para a autoavaliação dos estudantes, a fim de que identifiquem e reflitam sobre o caminho de aprendizagem percorrido após a avaliação diagnóstica.

Libâneo (1994) identifica que a avaliação diagnóstica se divide em três momentos, conforme apresentado a seguir.

Sondagem: permite ao (à) professor(a) identificar o nível de desenvolvimento dos estudantes e planejar as atividades iniciais de ensino.

Acompanhamento: considerado o momento de "apreciar os resultados, corrigindo falhas, esclarecendo dúvidas, estimulando-os a continuarem trabalhando até que alcance resultados positivos" (p. 197).

Realimentação da aprendizagem: chamada também de *feedback*, caracteriza-se por fundamentar o processo de ensino e aprendizagem, em que tanto o(a) professor(a) quanto os estudantes podem observar pontos de consolidação e aprofundamento das aprendizagens.

Elaborado com base em: LIBÂNEO, J. C. *Didática*. 13. ed. São Paulo: Cortez, 1994.

Já na **avaliação processual**, os estudantes têm a oportunidade de adquirir consciência sobre seu percurso de aprendizagem por meio de retroalimentações sistemáticas que passam pela identificação de seu nível de compreensão dos conteúdos específicos, das habilidades desenvolvidas, das dificuldades, dos desafios e dos objetivos a serem alcançados.

Assim, a avaliação processual permite fazer um acompanhamento do ritmo da aprendizagem e ajustar as estratégias pedagógicas às características individuais dos estudantes. Ela ocorre, portanto, ao longo do processo de ensino e aprendizagem, e não ao final de um ciclo (VILLAS BOAS, 2004). Dessa maneira, as questões da seção *#Atividades*, presentes tanto no meio quanto no final dos capítulos, podem ser usadas para a avaliação processual por meio da seleção feita pelos professores, indicando aos estudantes quais atividades devem ser realizadas e em qual momento.

Mais uma vez, a autoavaliação também está presente para a autorregulação do processo, entendendo que:

> A autorregulação se baseia na autoavaliação; leva o aluno a perceber melhor as modificações que tem que introduzir para atingir um determinado objetivo e selecionar estratégias que permitam agir de acordo. A autoavaliação, a autorregulação, a autoaprendizagem, a autonomia pessoal são passos sucessivos que contribuem decisivamente com um melhor desenvolvimento educacional dos alunos, que se traduz em atitudes formadoras permanentes. (ARREDONDO; DIAGO, 2009, p. 161)

Considerando a importância da autoavaliação no processo avaliativo, a coleção apresenta o boxe *#Para terminar*, que tem o objetivo de auxiliar o(a) professor(a) a organizar esse momento. Por meio de questões que retomam os temas trabalhados na unidade, busca-se a identificação dos desafios e conteúdos que foram compreendidos ou que necessitam de retomada. A longo prazo, isso também permite

aos estudantes identificar seu avanço, o desenvolvimento de habilidades e suas principais dificuldades. Auxilia também o(a) professor(a) a identificar esses mesmos pontos nos estudantes e rever o planejamento das atividades e das abordagens pedagógicas para o trabalho com as unidades seguintes, se necessário.

#Instrumentos avaliativos

Quando se fala de avaliação, é importante delimitar não apenas as perspectivas avaliativas possíveis, mas também as possibilidades de instrumentos de avaliação, que são múltiplos. Cada um deles pode ser importante em momentos diferentes, a depender do objetivo que se tem e do contexto em que se trabalha.

A determinação dos instrumentos avaliativos é um dos principais pontos dentro da prática pedagógica, pois somente o(a) professor(a) que convive com sua turma e conhece o contexto dos seus estudantes pode definir qual instrumento faz mais sentido para cada momento. Assim, a seguir, exemplificamos alguns dos instrumentos de avaliação possíveis, comentando alguns dos principais aspectos que podem ser avaliados pelo(a) professor(a).

INSTRUMENTOS AVALIATIVOS						
Debate	**Pesquisa**	**Portfólio**	**Prova escrita**	**Relatório**	**Seminário**	**Trabalho em grupo**
Trata-se de uma proposta em que os estudantes podem expor seus pontos de vista sobre um assunto, desenvolver a capacidade de ouvir outras perspectivas sobre esse tema e exercitar a argumentação.	Instrumento que permite identificar como os estudantes buscam informações específicas sobre um determinado tema e como relacionam os resultados obtidos. É importante que diferentes referências sejam consultadas e que gerem reflexão sobre o tema pesquisado.	Configura-se como uma forma de registro do processo de aprendizagem, que pode ser estruturado com diferentes tipos de linguagem. Permite observar o que cada estudante identificou como relevante ao longo do estudo de um tema ou projeto.	Pode ser dissertativa ou objetiva e mobiliza os estudantes por meio de questões abertas, exploratórias ou de múltipla escolha, permitindo verificar as capacidades de interpretação de texto e de aplicar os conceitos trabalhados nas situações propostas nas questões.	Trata-se da produção de um texto, geralmente para registrar como o estudante compreendeu os procedimentos e os resultados de uma atividade prática, um trabalho de campo, uma observação ou dinâmica.	Proposta de apresentação oral dos estudantes para os colegas sobre um tema, podendo utilizar diferentes recursos. Permite avaliar como eles sintetizam e relacionam informações, além de habilidades de comunicação oral e uso de diferentes linguagens.	Construção coletiva em que os estudantes podem chegar a reflexões e produtos específicos por meio da orientação do(a) professor(a). Permite avaliar como eles dividem tarefas e se comunicam, além de quais procedimentos e conteúdos conseguem mobilizar durante o trabalho.

Exames de larga escala

Exames de larga escala são avaliações externas que envolvem muitos estudantes. No Brasil, o Instituto Nacional de Estudos e Pesquisas Educacionais Anísio Teixeira (Inep) é responsável por um conjunto de exames de larga escala denominado Sistema Nacional de Avaliação da Educação Básica (Saeb). No Ensino Fundamental – Anos Finais, há provas de Ciências da Natureza para o 9º ano. Essas provas têm itens alinhados com a BNCC, buscando identificar o grau de domínio dos estudantes nas competências e habilidades da área. Por isso, as atividades da coleção que trabalham as habilidades e as competências da BNCC favorecem também a preparação para esse exame de larga escala.

Os resultados do Saeb são base de cálculo do Índice de Desenvolvimento da Educação Básica (Ideb). Além disso, são de acesso público e geram estudos que, por exemplo, identificam como diferenças sociodemográficas se relacionam com o acerto nas questões. Contribui-se, assim, para a avaliação das políticas públicas educacionais e a eventual proposição de novas políticas.

Para as escolas e os professores, essa informação também pode ser proveitosa, proporcionando uma reflexão sobre a utilidade dos índices de acerto na definição de estratégias da escola, no mapeamento do conhecimento esperado dos estudantes ou na revisão de práticas educacionais.

No âmbito internacional, um exame de larga escala que avalia conhecimentos de Ciências da Natureza é o Programa

Internacional de Avaliação de Estudantes (Pisa). Ele é realizado a cada três anos pela Organização para a Cooperação e Desenvolvimento Econômico (OCDE) com estudantes de 15 anos. Mais informações e reflexões sobre exames de larga escala e sobre o Saeb podem ser encontradas em Marques, Stieg e Santos (2020) e em Borges, Almeida e Santanna (2021).

VI. Organização e estrutura da coleção

A coleção é composta de quatro volumes, cada um dividido em quatro unidades, que, por sua vez, se subdividem em capítulos.

Em cada capítulo, os assuntos são agrupados em tópicos e subtópicos. No início dos capítulos, há uma imagem e questões disparadoras do assunto a ser desenvolvido, que podem servir para o levantamento de conhecimentos prévios dos estudantes, mas também podem ser suprimidas ou transformadas em atividades finais, abrindo espaço para outras abordagens que o(a) docente julgar mais adequadas para cada momento.

Ao final dos capítulos, há uma seção de atividades variadas e, ao término de algumas unidades, uma síntese do que foi estudado e questões de retomada do aprendizado que podem ser utilizadas para a verificação dos conhecimentos apreendidos pelos estudantes e de ações de remediação, caso necessário.

O número de capítulos, que soma treze ou catorze, é similar entre os volumes, em uma sequência de conteúdos que tem como base:

- a programação típica dos currículos de Ciências pré-BNCC;
- as habilidades e as competências previstas pela BNCC;
- a integração entre as diversas Ciências da Natureza;
- a formação de uma linha temática lógica em cada volume.

Contudo, isso não significa que a ordenação dos conteúdos não possa ser modificada. O(A) professor(a) tem total autonomia para modificar a sequência, reduzir ou aprofundar alguns conteúdos, afinal, o livro didático é uma ferramenta para auxiliar o trabalho pedagógico, não para ditar como ele deve ser feito.

Assim, informações que o(a) professor(a) julgar de menor relevância podem ser sugeridas aos estudantes como parte de tópicos complementares para leitura em casa, por exemplo. Ou, em casos em que julgar maior a necessidade de atenção, tópicos podem ser usados como disparadores para pesquisas a ser realizadas pelos estudantes em outros materiais, expandido as discussões trazidas pelo livro. Tais decisões e estratégias podem variar, a depender do tempo disponível, dos objetivos traçados ao longo do ano e da dinâmica da turma em sala de aula.

A seguir, apresentamos como foi pensada a linguagem da obra, suas seções, seus boxes e o sumário de todos os volumes.

#Linguagem da obra

A obra foi pensada e estruturada para os estudantes a partir do olhar dos professores da Educação Básica. Isso significa que consideramos para seu desenvolvimento diversas pesquisas realizadas com professores em que eles avaliaram livros didáticos.

Um dos temas recorrentes nessas pesquisas é o fato de os professores identificarem que a linguagem das obras está muito distante dos estudantes, inclusive que ela pode ser um fator dificultador da aprendizagem (GARCIA, 2017). Dessa maneira, a linguagem da obra foi desenvolvida com o objetivo de, em geral, ser objetiva e direta, paulatinamente se complexificando ao longo dos volumes, à medida que o estudante avança nos anos finais do Ensino Fundamental.

A linguagem, por vezes mais dialogada e próxima do estudante, teve sempre o compromisso de ser rigorosa e isenta de erros conceituais, cumprindo seu papel pedagógico sem se tornar um obstáculo para os estudantes do Ensino Fundamental – Anos Finais.

Ricardo Azoury/Pulsar Imagens

O uso de uma linguagem mais informal no livro didático favorece a aprendizagem.

Consideramos, assim, que os próprios conceitos científicos fazem parte de uma linguagem que os estudantes estão estabelecendo, e compreender os textos em que eles estão inseridos e são apresentados pode auxiliar no caminho. Esse fator é particularmente importante no contexto em que os estudantes apresentam durante anos possíveis defasagens pós-pandemia, momento em que ficaram em ensino remoto.

Assim, a obra apresenta grande diversidade de gêneros textuais para facilitar e reforçar a compreensão de informações e conceitos, sendo um suporte para o estudante e um facilitador para que o(a) professor(a) trabalhe a superação de possíveis defasagens de aprendizagem dos estudantes.

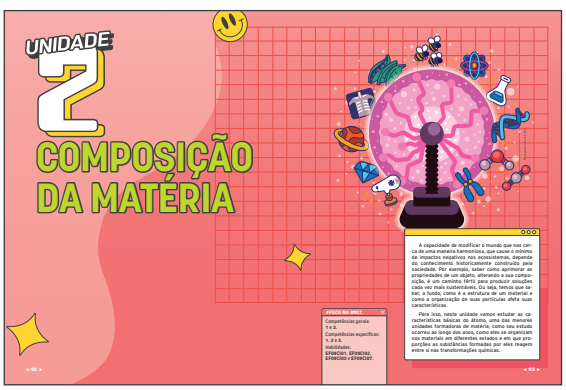
Nessa proposta, é usado o recurso do diálogo com o estudante e o apelo para a curiosidade, elemento tão presente na

divulgação científica e poderoso aliado na educação por ser capaz de colocar os estudantes em uma posição protagonista de busca pelo conhecimento e envolvimento com o texto lido (L'ECUYER, 2016). Esse apelo à curiosidade foi construído por meio de perguntas mais complexas, e não de intervenções simplórias e passageiras. Também as recomendações dos trabalhos científicos do campo de ensino de Ciências foram levadas em conta, como as apresentadas por Vissicaro, Figuerôa e Araújo (2016) e Silva e Milaré (2019) sobre como trabalhar pedagogicamente, sejam as questões complexas de tomadas de decisão da sociedade, sejam questões cotidianas aparentemente simples. Assim, as perguntas buscam estimular os estudantes a conhecer mais e abarcam desde questões sociocientíficas sobre grandes temas da sociedade, como as relacionadas com o consumo de água ou energia, até as que dialogam com o cotidiano imediato, como os saberes populares relacionados à limpeza doméstica e ao uso de plantas medicinais.

Em vários momentos, principalmente no Volume 6, são inseridos textos de divulgação científica para ser lidos em conjunto com o(a) professor(a) e os colegas, buscando uma interpretação e uma síntese oral das principais ideias apresentadas, em associação ao que está sendo estudado. Gradativamente na coleção, essa abordagem vai dando espaço para registros escritos e uma maior autonomia em relação à dinâmica de leitura. Esse é um dos exemplos de como foram utilizadas ferramentas para aproximar a linguagem dos estudantes, o que também ocorre na associação entre imagens e textos, buscando a melhor maneira de apresentar os conceitos e facilitar a compreensão do conteúdo.

#Descrição das seções e dos boxes

A abertura da unidade tem o objetivo de promover a sensibilização sobre o tema central da unidade. Dessa forma, utilizamos uma ilustração de caráter lúdico baseada em um dos principais temas abordados na unidade e um breve texto introdutório. Além disso, há o boxe *#Foco na BNCC*, contendo o código das competências gerais das competências específicas de Ciências da Natureza e das habilidades da BNCC trabalhadas na unidade.

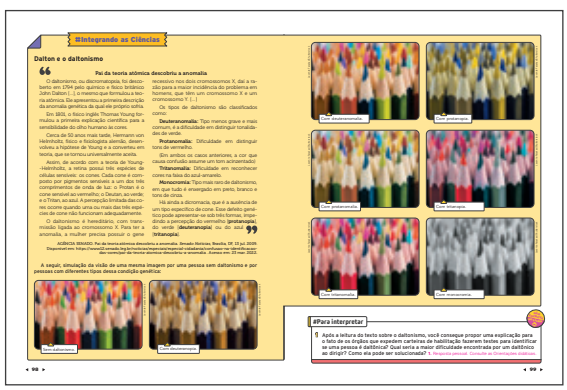


A abertura de cada capítulo tem o objetivo de despertar o interesse dos estudantes pelo tema central e mobilizar conhecimentos prévios. Um breve texto e uma imagem apresentam uma contextualização e levam a reflexões que podem contribuir como ponto de partida ou problematização do tema a ser estudado. O boxe *#Para iniciar* apresenta questões de mobilização de conhecimentos prévios dos estudantes, relacionando-se com a abertura do capítulo.

O boxe *#Na BNCC* apresenta os objetivos do capítulo e as habilidades trabalhadas. Ele foi elaborado com o objetivo de facilitar o trabalho docente no momento de elaborar planejamentos. Além disso, a presença do boxe de objetivos no Livro do Estudante permite aos estudantes retomar os objetivos ao longo do capítulo para a autoavaliação de sua aprendizagem, compreender que existe uma Base Curricular Nacional e que ele tem acesso ao conhecimento a que tem direito.

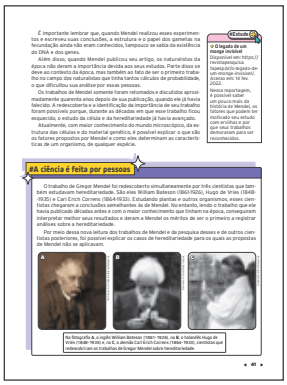
No boxe *#Integrando as Ciências*, destaca-se a interdisciplinaridade, buscando romper com a visão fragmentada da ciência. Ele é variável e pode integrar conhecimentos de Química, Física, Biologia, Geociências ou de outras áreas do conhecimento.

O boxe *#Para interpretar* tem como objetivo trabalhar a leitura inferencial e a consolidação dos conteúdos estudados. Ele apresenta um texto complementar ao principal e questões para interpretação e inferência de texto.



No boxe *#A ciência é feita por pessoas*, destaca-se o trabalho com a História e a Filosofia das Ciências e valorizam-se as minorias representativas. Ele apresenta, por exemplo, o contexto histórico e sociocultural dos cientistas que estudaram e trabalharam determinado tema, e mostra aos estudantes que diferentes pessoas podem fazer ciência.

O boxe *#Estude +* apresenta sugestões de vídeos, filmes, livros, *sites*, dicas de aplicativos, reportagens e simulações.


#Estude +

O Dogma de um monge insolente!

#A ciência é feita por pessoas

O trabalho de Gregor Mendel foi redescoberto simultaneamente por três cientistas que também estudavam hereditariedade. São eles William Bateson (1861-1926), Hugo de Vries (1848-1935) e Carl Erich Correns (1864-1933). Estudando plantas e outros organismos, esses cientistas chegaram a conclusões semelhantes às de Mendel. No entanto, lendo o trabalho que ele havia publicado décadas antes e com o maior conhecimento que tinham na época, conseguiram interpretar melhor seus resultados e deram a Mendel os méritos de ser o primeiro a registrar análises sobre a hereditariedade.

Por meio dessa nova leitura dos trabalhos de Mendel e da pesquisa deixas e de outros cientistas posteriormente, foi possível explicar os casos de hereditariedade para os quais as propostas de Mendel não se aplicavam.

O boxe *#Para refletir* contempla atividades que retomam conhecimentos ou exploram o que está sendo discutido, com o objetivo de consolidar a compreensão do conteúdo teórico abordado ou mobilizar reflexões para que cada um coloque seu ponto de vista; as questões podem ser discutidas oralmente e, algumas vezes, o registro das respostas é sugerido como uma maneira de o estudante acompanhar o seu processo de desenvolvimento de conhecimento.

#Para refletir

Leia o texto a seguir e, depois, responda às questões.

Nos séculos XVI e XVII, na Europa, existiam os chamados gabinetes de curiosidades, que eram pequenas salas, armários ou arcas nos quais eram colecionados diversos objetos, como medalhas, instrumentos científicos, esculturas antigas ou pré-históricas. Nesses gabinetes também havia objetos relacionados à natureza, como ossos de animais, plantas secas, fragmentos de rochas, conchas, fósseis e animais que estão espalhados por todo o mundo hoje.

Nesse período, muitas pessoas viajavam para terras distantes e, ao voltarem, traziam consigo objetos que eram expostos em reuniões particulares e estudados pelos naturalistas da época, ajudando-os a divulgar suas ideias entre outros naturalistas. Com o passar do tempo, essas coleções foram ficando muito grandes, e um gabinete ou uma sala já não era mais suficiente para guardar todo esse material.

Então, a partir do século XVIII, os gabinetes começaram a ser substituídos por museus de história natural e museus de arte. Isso mostra como os gabinetes de curiosidades foram importantes para divulgar os conhecimentos e as ideias sobre o mundo natural e, posteriormente, para montar as coleções de rochas, conchas, fósseis e insetos que estão espalhadas por todo o mundo hoje.

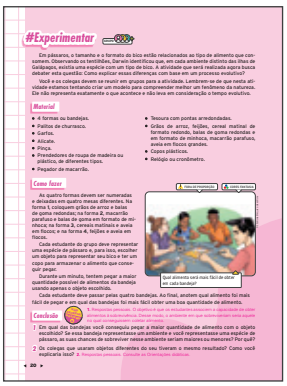
Nota: a reprodução da obra de arte *Gabinete de curiosidades*, que mostra um exemplo de como eram essas coleções. Depois, converse com os colegas e o(a) professor(a) sobre as questões a seguir.

Gabinete de curiosidades, obra do pintor italiano Domenico Remps, c1620-1686), datada de 1666 (óleo sobre tela, 48 cm × 137 cm). Museu dell'Opificio delle Pietre Dure, Florença, Itália.

5 Como essas coleções de amostras naturais e os registros de lugares e de espécies em pinturas podem ter sido importantes para os estudos da biodiversidade e da história do planeta Terra? 7. Resposta pessoal. Converse com os colegas e o professor sobre as questões.

6 Na cidade ou no estado em que você mora existe algum museu com esse tipo de coleção? Qual é a importância dela hoje em dia para estudar e compreender a natureza e a sua diversidade? 6. Resposta pessoal. Converse com os colegas e o professor sobre as questões.

A seção *#Experimentar* apresenta propostas de atividades práticas ou investigativas que envolvem a organização de materiais e procedimentos, a observação e a interpretação de resultados.


#Experimentar

Em pássaros, o tamanho e o formato do bico estão relacionados ao tipo de alimento que consomem. Observando os tentilhões, Darwin identificou que, em cada ambiente distinto das Ilhas de Galápagos, existia uma espécie com um tipo de bico. A atividade que será realizada agora busca debater esta questão: Como explicar essas diferenças com base em um processo evolutivo?

Você e os colegas devem se reunir em grupos para a atividade. Lembrem-se de que nesta atividade estamos tentando criar um modelo para compreender melhor um fenômeno da natureza. Ele não representa exatamente o que acontece e não leva em consideração o tempo evolutivo.

Material

- 4 formas ou bandejas.
- Palitos de churrasco.
- Garfos.
- Alicate.
- Pinça.
- Prendedores de roupa de madeira ou plástico, de diferentes tipos.
- Pegador de macarrão.
- Tesoura com pontas arredondadas.
- Grãos de arroz, feijões, cereal matinal de formato redondo, balas de goma redondas e em formato de minhoca, macarrão parafuso, aveia em flocos grandes.
- Copos plásticos.
- Relógio ou cronômetro.

Como fazer

Cada estudante do grupo deve representar uma espécie de pássaro e, para isso, escolher um objeto para representar seu bico e ter um copo para armazenar o alimento que conseguir pegar.

Durante um minuto, tentem pegar a maior quantidade possível de alimentos da bandeja usando apenas o objeto escolhido.

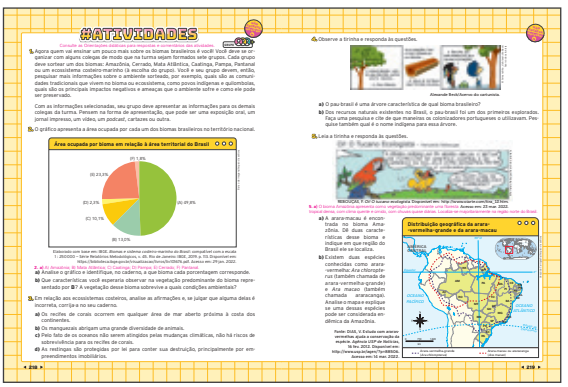
Cada estudante deve passar pelas quatro bandejas. Ao final, anotem qual alimento foi mais fácil de pegar e em qual das bandejas foi mais fácil obter uma boa quantidade de alimento.

Conclusão

1 Em qual das bandejas você conseguiu pegar a maior quantidade de alimento com o objeto escolhido? Se essa bandeja representasse um ambiente e você representasse uma espécie de pássaro, as suas chances de sobreviver nesse ambiente seriam maiores ou menores? Por quê?

2 Os colegas que usaram objetos diferentes do seu tiveram o mesmo resultado? Como você explicaria isso? 2. Respostas pessoais. Converse com os colegas e o professor.

A seção *#Atividades* apresenta questões para a retomada, a consolidação e/ou o aprofundamento dos conteúdos abordados. Ela pode estar presente no decorrer do capítulo.


#ATIVIDADES

Consulte as Orientações didáticas para respostas e comentários das atividades.

5. Agora quem vai ensinar um pouco mais sobre os biomas brasileiros é você! Você, duas ou organizar com alguns colegas de modo que vocês e cada um tirem um bioma: Amazônia, Cerrado, Mata Atlântica, Caatinga, Pampa, Pantanal ou um ecossistema costeiro-marinho (à escolha do grupo). Você e seu grupo devem, então, pesquisar sobre o bioma escolhido e preparar uma apresentação, por exemplo, quais são as comunidades tradicionais que vivem no bioma ou ecossistema, como provoca indústrias e quais ameaças, quais são os principais impactos negativos e ameaças que o ambiente sofre e como ele pode ser preservado.

Com as informações selecionadas, seu grupo deve apresentar as informações para os demais colegas da turma. Pensem na forma de apresentação, que pode ser uma exposição oral, um jornal impresso, um vídeo, um podcast, cartazes ou outra.

6. O gráfico apresenta a área ocupada por cada um dos biomas brasileiros no território nacional.

Área ocupada por bioma em relação à área territorial do Brasil

(1) 1,8%
(2) 21,5%
(3) 2,3%
(4) 49,9%
(5) 10,1%
(6) 13,0%

Elaborado com base em: IBGE. Biomas e sistema costeiro-marinho do Brasil: compatível com a escala 1:250.000 — Série Relatórios Metodológicos, v. 45. Rio de Janeiro: IBGE, 2019. p. 113. Disponível em: https://biblioteca.ibge.gov.br/visualizacao/livros/liv101679.pdf. Acesso em: 29 jun. 2022.

a) (4) Amazônia, (6) Mata Atlântica, (2) Caatinga, (1) Pampa, (5) Pantanal, (3) Costeiro / (1) Pampa, (2) Caatinga, (3) Costeiro, (4) Amazônia, (5) Pantanal, (6) Mata Atlântica.

b) Que características você esperaria observar na vegetação predominante do bioma representado por **(6)**? A vegetação desse bioma sobrevive a quais condições ambientais?

7. Em relação aos ecossistemas costeiros, analise as afirmações e, se julgar que alguma delas é incorreta, corrija-a no seu caderno.

a) Os recifes de corais ocorrem em qualquer área de mar aberto próxima à costa dos continentes.

b) Os manguezais abrigam uma grande diversidade de animais.

c) Pelo fato de os oceanos não serem atingidos pelas mudanças climáticas, não há riscos de sobrevivência para os recifes de corais.

d) As restingas são protegidas por lei para conter sua destruição, principalmente por empreendimentos imobiliários.

8. Observe a tirinha e responda às questões.

Alexandre Beck/Acervo do cartunista.

a) O pau-brasil é uma árvore característica de qual bioma brasileiro?

b) Os recursos naturais existentes no Brasil, o pau-brasil foi um dos primeiros explorados. Faça uma pesquisa e cite de que maneiras os colonizadores portugueses o utilizaram. Pesquise também qual é o nome indígena para essa árvore.

9. Leia a tirinha e responda às questões.

MENDONÇA, P. Um O buraco ecológico. Disponível em: http://www.osuarte.com/tira_24.htm. Acesso em: 23 mar. 2022.

a) O bioma brasileiro apresenta como vegetação predominante uma floresta, [illegible] com clima quente e úmido, com chuvas quase todos. Localize no mapa abaixo a região desse bioma.

b) Existem duas espécies conhecidas como arara-vermelha: *Ara chloroptera* (também chamada de arara-vermelha-grande) e *Ara macao* (também chamada araracanga). Analise o mapa e explique se uma dessas espécies pode ser encontrada em cidade da Amazônia.

Distribuição geográfica de arara-vermelha-grande e da arara-macau

Fonte: DIAS, V. Estudo com arara-vermelhas ajuda a conservação da espécie. Agência Fapesp, 18 dez. 2020. Disponível em: http://www.agencia.fapesp.br/35855/a. Acesso em: 10 mar. 2022.

A seção *#Mural de ideias* é composta de um resumo do que foi trabalhado até o momento, na forma de um esquema com boxes e imagens.

O boxe *#Para terminar* está localizado dentro da seção *#Mural de ideias*. Ele apresenta questões reflexivas para a retomada dos conteúdos, permitindo ressaltar as relações entre o que foi trabalhado em cada capítulo da unidade.

#Mural de ideias

Para finalizar o estudo desta unidade, vamos retomar os principais conceitos estudados até aqui?

Seres vivos

Vírus

Bactérias

Animais

Plantas

Fungos

Protozoários

Biomas brasileiros

Os organismos vivos se relacionam nas teias alimentares dos ambientes dos ecossistemas.

#Para terminar

Consulte as Orientações didáticas.

1. Elabore um esquema com os nomes dos principais grupos de plantas estudados nesta unidade. Dê um exemplo de cada grupo que pode ser encontrado na sua região.

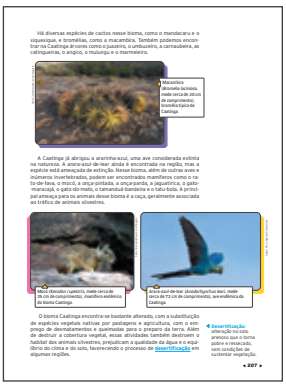
2. Diferencie animais vertebrados de invertebrados e cite pelo menos quatro grupos de cada, com exemplos.

3. Explique de que maneira os seres vivos se relacionam nas teias alimentares e a importância dos diferentes níveis tróficos para os ecossistemas.

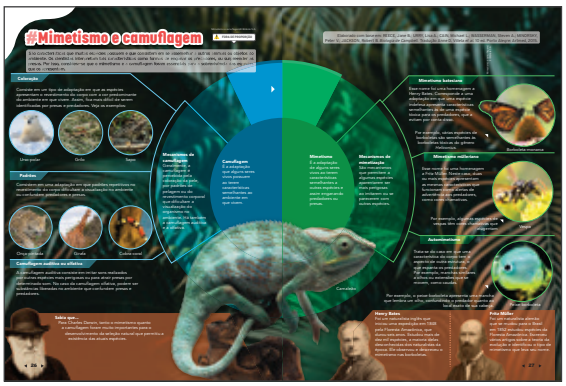
4. Cite os nomes dos seis biomas brasileiros e o que mais chamou a sua atenção em cada um deles.

5. Com base no que você aprendeu nesta unidade, retome suas respostas do boxe **#Para iniciar** e faça correções, se necessário.

Ao longo dos capítulos, o glossário apresenta a definição de um termo ou expressão em destaque no texto, auxiliando os estudantes na leitura e na interpretação.



Todas as unidades apresentam pelo menos um infográfico, que tem o objetivo de aprofundar ou apresentar informações relacionadas a um tema de modo dinâmico, por meio da leitura de textos breves e imagens complementares.



VII. Indicações de leituras, *sites* e vídeos

CIEB – Centro de Inovação para a Educação Brasileira. *Currículo de Referência em Tecnologia e Computação*. São Paulo. Disponível em: https://curriculo.cieb.net.br. Acesso em: 2 maio 2022.

> *Site* que auxilia no trabalho com pensamento computacional, cultura digital e tecnologia digital e propõe organizações curriculares para abordar esses temas no Ensino Fundamental.

D'MASCHIO, A. L. Cultura *maker* apoia o aprendizado criativo durante a pandemia e na retomada das aulas. *Porvir*, São Paulo, 29 out. 2021. Disponível em: https://porvir.org/cultura-maker-apoia-o-aprendizado-criativo-durante-a-pandemia-e-na-retomada-das-aulas/. Acesso em: 2 maio 2022.

> Matéria jornalística sobre a cultura *maker*, trazendo uma introdução ao tema, expondo como pode ser implementada e como se relaciona com competências e habilidades específicas da BNCC.

GARCIA, R. S. *Argumentação e a construção de contra-argumentos em um debate sobre uma questão sociocientífica em uma sala de aula dos anos finais do Ensino Fundamental*. Orientadora: Danusa Munford. 2020. 184 p. Dissertação (Mestrado em Educação e Ciência) – Faculdade de Educação, Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte, 2020. Disponível em: https://repositorio.ufmg.br/handle/1843/37897. Acesso em: 2 maio 2022.

> Dissertação que propõe uma sequência didática e traz informações para o trabalho com o debate, em especial da argumentação e da contra-argumentação, em aulas de Ciências da Natureza no Ensino Fundamental – Anos Finais.

LEAL, C. A. *et al*. Seminário como uma prática pedagógica a partir do sexto ano do Ensino Fundamental. *South American Sciences*, [*S. l.*], v. 2, n. 2, p. 1-33, 2021. Disponível em: https://southamericansciences.com.br/index.php/sas/article/view/165. Acesso em: 2 maio 2022.

> Artigo centrado nos seminários como uma estratégia ativa de ensino no Ensino Fundamental, mostrando como eles podem ser organizados e o potencial que tem no desenvolvimento cognitivo e social dos estudantes.

MAZUR, E. *Peer Instruction*: a revolução da aprendizagem ativa. São Paulo: Penso, 2015.

> Livro do professor e pesquisador Eric Mazur que apresenta a metodologia ativa da aprendizagem por pares (*peer instruction*) para o ensino de Ciências.

MORALES, A. C.; CATELLI, F. A formação de grupos operativos e sua influência no processo de aprendizagem no laboratório de eletricidade. *Educitec - Revista de Estudos e Pesquisas sobre Ensino Tecnológico*, Manaus, v. 4, n. 8, 2018.

> Artigo sobre a formação de grupos operativos que considera também a afinidade e a colaboração dos integrantes que formam o grupo em atividades de ensino de Ciências no Ensino Fundamental.

PAULA, B. B. de; MARTINS, C. B.; OLIVEIRA, T. de. Análise da crescente influência da cultura *maker* na educação: revisão sistemática da literatura no Brasil. *Educitec – Revista de Estudos e Pesquisas sobre Ensino Tecnológico*, Manaus, v. 7, p. 1-23, 2021. Disponível em: https://sistemascmc.ifam.edu.br/educitec/index.php/educitec/article/view/1349. Acesso em: 2 maio 2022.

> Revisão sistemática da literatura sobre cultura *maker* no Brasil em que ela é conceituada como uma proposta de ensino ligada à criatividade e à solução de problemas de modo ativo e frequentemente interdisciplinar. O trabalho descreve propostas de atividades, seus conteúdos, infraestrutura, materiais necessários e estratégias de ensino adotadas.

PORTO, M. B.; MARTINS, A. P. B. O ensino e a aprendizagem das Ciências da Natureza no Ensino Fundamental II: uma proposta envolvendo a natureza da ciência. *Revista Thema*, Pelotas, v. 15, n. 3, p. 981-990,

2018. Disponível em: https://periodicos.ifsul.edu.br/index.php/thema/article/view/938. Acesso em: 2 maio 2022.

> O artigo traz reflexões sobre a atividade docente e uma proposta de como se ensinar a natureza da ciência de modo integrado aos conteúdos de Ciências da Natureza para os anos finais do Ensino Fundamental.

ROCHA, Z. F. D. C. *Dinâmica de um Grupo de Aprendizagem em Ciências no Ensino Fundamental*: Grupos Operativos e Teoria do Vínculo na aprendizagem. Lisboa: Novas Edições Acadêmicas, 2017.

> Obra que traz o referencial teórico e um relato de experiência do emprego de grupos operativos para o ensino de Ciências no Ensino Fundamental. Em especial, é analisado como os integrantes do grupo se estruturam para a realização de suas tarefas com resultados que contribuem para a aprendizagem.

RUTHES, R. *A construção do debate em sala de aula*. Orientador: Leandro Neves Cardim. 2019. 196 p. Dissertação (Mestrado em Filosofia) – Programa de Pós-Graduação em Filosofia, Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 2019. Disponível em: https://acervodigital.ufpr.br/handle/1884/64413. Acesso em: 2 maio 2022.

> Dissertação que aborda o debate como um meio pedagógico para o ensino escolar. O foco não são as Ciências da Natureza, mas os detalhamentos das etapas de um debate, seus conceitos teóricos e os relatos de experiências de aulas em que o debate foi utilizado são válidos para qualquer área da Educação Básica.

VIII. Referências bibliográficas comentadas

AGUIAR, C. F.; GARCIA, N. M. D. O livro didático e o currículo de Ciências: a importância da pesquisa em sala de aula. *In*: ENCONTRO NACIONAL DE PESQUISA EM EDUCAÇÃO E CIÊNCIAS, 11, 2017, Florianópolis. *Atas* [...] Florianópolis: Abrapec, 2017,

> O artigo apresenta diferentes elementos que justificam a importância da pesquisa sobre o uso dos livros didáticos em sala de aula, observando as atividades dos professores.

AIKENHEAD, G. S. What is STS science teaching? *In*: SOLOMON, J.; AIKENHEAD, G. S. *STS education*: international perspectives on reform. New York: Teachers College Press, 1994. p. 47-59.

> No artigo, o autor delimita o conceito de Ciência, Tecnologia e Sociedade (CTS) – em inglês, *science-technology-society* (STS) – e sua relação nas escolas com o ensino de Ciências.

AMADO, E. *O trabalho dos professores do Ensino Fundamental*: uma abordagem ergonômica. Orientadora: Vânia Ribas Ulbricht. 2000. 104 p. Dissertação (Mestrado em Engenharia de Produção) – Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2000.

> O trabalho associa conceitos de ergonomia com a organização do trabalho e a saúde dos professores, destacando a importância do ambiente de trabalho o dos docentes para um ensino de melhor qualidade.

AMARAL, I. C. M. As desigualdades sociais e a educação. *Congresso Internacional e Congresso Nacional Movimentos Sociais & Educação*, São Paulo, v. 1, n. 1, 2021.

> A autora discute as relações entre educação e sociedade, principalmente em relação à escola como um espaço para legitimar a transformação da realidade social diante da desigualdade.

ANTUNES JÚNIOR, E. L. Q.; CAVALCANTI, C. J. H.; OSTERMANN, F. Base Nacional Comum Curricular, Ciências da Natureza nos anos finais do ensino fundamental e os mitos sobre Ciência, Tecnologia e Sociedade. *Em Aberto*, Brasília, v. 33, n. 107, p. 141-154, 2020.

> A pesquisa busca identificar na BNCC dos anos finais do Ensino Fundamental como questões sociocientíficas em perspectivas críticas são sustentadas e interpeladas.

ARAÚJO, P. E.; MENIN, O. H. Sequência didática sobre arboviroses aspirando à consciência crítica na formação integral. *Revista de Ensino de Biologia da SBEnBio*, São Paulo, v. 14, n. 2, p. 991-1010, 2021.

> O artigo apresenta uma sequência didática baseada na pesquisa como princípio pedagógico para a formação integral dos estudantes em relação às arboviroses.

ARREDONDO, S. C.; DIAGO, J. C. *Avaliação educacional e promoção escolar*. Tradução: Sandra M. Dolinsky. Curitiba: Ibpex; São Paulo: Unesp, 2009.

> O livro busca trabalhar a prática avaliativa voltada para o desenvolvimento dos conhecimentos e a formação intelectual baseada em conteúdos, estratégias, valores e atitudes dos estudantes.

BARBOSA, C. L. B.; MARINHO, D. M.; CARVALHO, L. S. C. O. Debate como metodologia de ensino para a aprendizagem crítica. *In*: ALMEIDA, B. T.; CARVALHO, D. A. S. O. *Programa de residência pedagógica na licenciatura em informática* – partilhando possibilidades. Natal: Faculdade Metropolitana Norte Riograndense, 2020. p. 22-32.

> Capítulo dedicado a analisar as possibilidades de emprego do debate como metodologia de ensino na Educação Básica por meio de um estudo de caso. Os resultados apontam para uma postura dialógica e um bom aproveitamento intelectual, coletivo e individual dos estudantes.

BAZZO, W. A. *Ciência, Tecnologia e Sociedade e o contexto da educação tecnológica*. Editora da UFSC: Florianópolis, 1998.

> O livro discute a importância do ensino no campo da Engenharia brasileira, propondo um rompimento com o paradigma do ensino tradicional nessa área.

BEZERRA, L. F.; GONÇALVES, C. P.; CUNHA, D. O. da; OLIVEIRA, F. L. de. Análise da correlação entre a média de alunos por turma na taxa de rendimento de alunos nas escolas públicas de Ensino Médio no município do Rio de Janeiro. *Revista Educação Pública*, Rio de Janeiro, v. 20, n. 36, 2020.

Com base em um estudo de caso das escolas públicas de Ensino Médio do Rio de Janeiro, o texto discute a relação entre a média dos estudantes e suas taxas de rendimentos.

BICUDO, M. A. V. A pesquisa interdisciplinar: uma possibilidade de construção do trabalho científico/acadêmico. *Educação, Matemática e Pesquisa*, São Paulo, v. 10, n. 1, p. 137-150, 2008.

O texto explicita o significado de interdisciplinaridade nas concepções e metodologias científicas. Apresenta tensões e embates em torno desse conceito apontando principalmente a história dos períodos moderno e contemporâneo.

BORDIEU, P.; PASSERON, J. *A reprodução*: elementos para uma teoria do sistema de ensino. Rio de Janeiro: Francisco Alves, 1992.

Na tese que apresentam no livro, os autores discutem a reprodução da cultura dominante a partir dos sistemas de ensino e como isso reforça o poder simbólico e a reprodução contínua das relações de força na sociedade.

BORGES, A. P. N. R.; ALMEIDA, S. P. N. C.; SANTANA, K. C. L. Avaliação educacional: o Saeb, seus pressupostos, finalidades e repercussões. *Preprint*, submetido em 10 set. 2021. Disponível em: https://doi.org/10.1590/SciELOPreprints.2938. Acesso em: 29 maio 2022.

Artigo que aborda as políticas públicas educacionais no Brasil e o Saeb.

BRACKMANN, C. P. *Desenvolvimento do pensamento computacional através de atividades desplugadas na Educação Básica*. Orientador: Dante Augusto Couto Barone. 2017. Tese (Doutorado em Informática na Educação) – Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2017.

O texto problematiza o fato de que somente o uso de aparatos tecnológicos na sala de aula não garante a melhoria do ensino, mas pode ser uma forma para que os estudantes encontrem soluções para problemas complexos.

BRASIL. Ministério da Educação. Conselho Nacional da Educação. *Parecer CNE/CEB n. 7/2010*. Brasília, DF: Ministério da Educação, 2010a.

Parecer que fixa as Diretrizes Curriculares Nacionais para o Ensino Fundamental de nove anos.

BRASIL. Ministério da Educação. Conselho Nacional da Educação. *Resolução CNE/CEB n. 4/2010*. Brasília, DF: Ministério da Educação, 2010b.

Resolução que define as Diretrizes Curriculares Nacionais Gerais para a Educação Básica.

BRASIL. Ministério da Educação. *Projeto de vida*: ser ou existir? Brasília, DF: Ministério da Educação. Disponível em: http://basenacionalcomum.mec.gov.br/implementacao/praticas/caderno-de-praticas/aprofundamentos/200-projeto-de-vida-ser-ou-existir. Acesso em: 28 maio 2022.

O texto, vinculado à implementação da BNCC, detalha a perspectiva relacionada ao projeto de vida na Educação Básica.

BRASIL. Ministério da Educação. Secretaria de Educação Básica. *Base Nacional Comum Curricular*. Brasília, DF: Ministério da Educação, 2017. Disponível em: http://basenacionalcomum.mec.gov.br/images/BNCC_20dez_site.pdf. Acesso em: 19 abr. 2022.

Documento com as orientações para gestores e professores com os conhecimentos básicos que devem nortear a construção dos currículos no território brasileiro.

BRASIL. Ministério da Educação. Secretaria de Educação Média e Tecnológica. *Parâmetros curriculares nacionais* - Ensino Médio. Brasília, DF: Ministério da Educação, 2000.

Documento com diretrizes elaboradas para orientar professores e gestores escolares sobre bases legais e aspectos fundamentais de cada área do conhecimento.

BRASIL. Ministério da Educação. *Temas Contemporâneos Transversais na BNCC*: propostas de práticas de implementação. Brasília, DF: Ministério da Educação, 2019a. Disponível em: http://basenacionalcomum.mec.gov.br/images/implementacao/guia_pratico_temas_contemporaneos.pdf. Acesso em: 1º maio 2022.

Documento que apresenta sugestões de como contextualizar o que é ensinado em sala de aula com os Temas Contemporâneos, com o objetivo de aumentar o interesse dos estudantes e a relevância desses Temas para o desenvolvimento deles como cidadãos.

CABREIRA, M. C.; MILANI, R.; TROMBETTA, F. A pesquisa como princípio pedagógico: possibilidades no ensino de Ciências e Matemática nos anos finais do Ensino Fundamental. *In*: JORNADA DE PESQUISA EM ENSINO DE CIÊNCIAS EXATAS, I, 2018, Rio Grande. *Anais* [...]. Rio Grande: Furg, 2018.

O artigo apresenta um estudo de levantamento bibliográfico referente à busca de pontos de convergência entre o ensino de Ciências e o educar pela pesquisa na perspectiva da aprendizagem significativa.

CARNEIRO, M. H. S.; SANTOS, W. L. P.; MÓL, G. S. Livro didático inovador e professores: uma tensão a ser vencida. *Ensaio* – Pesquisa em Educação em Ciências, São Paulo, v. 7, n. 2, 101-113, 2005.

O artigo discute como o livro didático inovador pode contribuir para uma reflexão e a mudança da prática docente.

CARVALHO, A. M. P. Critérios estruturantes para o ensino das ciências. *In*: XV SIMPÓSIO NACIONAL DE ENSINO DE FÍSICA, 2003, Curitiba. *Atas* [...]. Curitiba: CEFET-PR, 2003.

O texto busca apresentar os grandes eixos da didática das Ciências que respondem a questões fundamentais, e critérios estruturantes que busquem organizar as muitas influências sofridas na disciplina.

CARVALHO, A. M. P. *et al*. *Ensino de Ciências por investigação*: condições para implementação em sala de aula. São Paulo: Cengage Learning, 2013.

O livro tem o objetivo de auxiliar os professores no aprimoramento dos conhecimentos sobre as questões atuais e importantes relacionadas ao ensino-aprendizagem de Ciências por investigação.

CARVALHO, A. M. P.; GIL-PÉREZ, D. *Formação de professores de Ciências*. 10. ed. São Paulo: Cortez, 2011.

O livro discute a necessidade da ruptura entre os professores com uma visão simplista sobre o que é ensinar Ciências e propõe uma ideia de aprendizagem como construção do conhecimento com as características de uma pesquisa científica.

CENPEC – CENTRO DE ESTUDOS E PESQUISAS EM EDUCAÇÃO, CULTURA E AÇÃO COMUNITÁRIA. *A escola de um novo tempo*: práticas pedagógicas no contexto da pandemia. São Paulo: Moderna, 2021.

A publicação apresenta sugestões de práticas pedagógicas para professores e gestores no contexto da pandemia e também reflexões sobre esse contexto educacional.

CEREZO, J. A. L. Ciencia, Tecnología y Sociedad: el estado de la cuestión en Europa y Estados Unidos. *Revista Iberoamericana de Educación*, v. 18, p. 41-68, 1998.

O trabalho apresenta como se dá a abordagem CTS no campo internacional, comentando seus princípios, suas justificativas e seus antecedentes no âmbito educacional.

CORTEZ, J.; DARROZ, L. M. A contextualização no ensino de Ciências na visão de professores da Educação Básica. *Revista Thema*, Pelotas, v. 14, n. 3, p. 182-190, 2017.

O artigo apresenta uma pesquisa que busca identificar as concepções de professores acerca da contextualização no ensino de Ciências e destacar os fatores que prejudicam ou contribuem para essa prática.

COSTA, A. C. *Protagonismo juvenil*: adolescência, educação e participação democrática. Salvador: Fundação Odebrecht; São Paulo: FTD, 2006.

Obra que traz referencial teórico sobre o protagonismo juvenil e experiências pessoais da força transformadora de jovens.

COSTA, G. M. C; AZEVEDO, G. X. Metodologias ativas: novas tendências para potencializar o processo de ensino-aprendizagem. *Revista Iniciação & Formação Docente*, São Paulo. v. 6, n. 2, p. 286-299, 2019.

O trabalho apresenta uma análise sobre metodologias ativas na educação e expõe como podem auxiliar no processo de ensino-aprendizagem para proporcionar o protagonismo dos estudantes.

DAYRELL, J. A escola como espaço sócio-cultural. *In*: DAYRELL, J. (org.). *Múltiplos olhares sobre educação e cultura*. Belo Horizonte: UFMG, 1996. p. 136-162.

O autor discute os múltiplos olhares sobre a educação e a cultura na escola e como ela pode atuar dentro desse contexto como um espaço sociocultural relevante.

DINIZ, M. G.; RODRIGUES, L. A. A pesquisa como princípio pedagógico: os desafios na práxis docente para ressignificação de conhecimentos. *Revista Insignare Scientia* – RIS, v. 3, n. 3, p. 224-240, 2020.

Artigo que apresenta discussões e resultados referentes ao uso das Tecnologias da Informação e da Comunicação (TICs) pelos professores no contexto da globalização. Expõe a necessidade de fortalecer políticas públicas de acesso ao mundo digital para a construção de uma sociedade crítica.

DUSO, A. P.; SUDBRACK, E. M. Política educacional: para além da racionalidade econômica – questionando a enturmação. *Revista de Ciências Humanas URI*, v. 9, p. 1-50, 2009.

O texto discute o processo de formação de turmas do Ensino Fundamental e como ele é estabelecido nas políticas educacionais.

ELIAS, A. P. A. J.; VOSGERAU, D. S. R. Reflexões sobre a prática docente no contexto da Educação Básica: o que nos dizem as pesquisas brasileiras. *Ensaios Pedagógicos*, São Paulo, v. 3, n. 3, p. 46-58, 2019.

O artigo apresenta um trabalho com o objetivo de identificar o que as pesquisas brasileiras apontam sobre os processos de reflexão realizados por docentes que atuam na Educação Básica.

FAGANELLO, J. *Estudo da BNCC sobre o ensino de Física nos anos finais do Ensino Fundamental com enfoque na interdisciplinaridade*. Orientadora: Neusete Machado Rigo. 2020. 52 p. Monografia (Licenciatura em Física) – Universidade Federal da Fronteira Sul, Cerro Largo, 2020.

Trabalho que analisa a BNCC com o objetivo de reconhecer na organização curricular do Ensino Fundamental como o conhecimento de Física é trabalhado em Ciências da Natureza e as possibilidades de interdisciplinaridade com a Biologia e a Química.

FAZENDA, I. C. A. (org.). *Interdisciplinaridade*: dicionário em construção. São Paulo: Cortez, 2001.

O livro foi organizado por Ivani Fazenda, mas conta com a contribuição de cinquenta autores para apresentar um glossário de termos relacionados à interdisciplinaridade.

FIGUEIREDO, G. A. *Educação contextualizada e convivência com o semiárido brasileiro*: perspectivas para o ensino de Ciências. Orientador: José Antônio Novaes da Silva. 2017. 192 p. Dissertação (Mestrado em Educação) – Universidade Federal da Paraíba, João Pessoa, 2017.

O trabalho é uma análise da compreensão de professores paraibanos sobre a contextualização no ensino de Ciências da Natureza e chama a atenção para a necessidade de incrementos

na formação inicial e continuada de docentes e para o uso da contextualização como forma de os estudantes perceberem o papel da Ciência em suas vidas.

FOUREZ, G. Crise no ensino de Ciências? *Investigações em Ensino de Ciências*, São Paulo, v. 8, n. 2, p.109-123, 2003.

Nesse clássico texto, o autor propõe uma revisão crítica sobre os principais problemas enfrentados pelo ensino de Ciências na atualidade.

FRADE, C.; MEIRA, L. Interdisciplinaridade na escola: subsídios para uma Zona de Desenvolvimento Proximal como espaço simbólico. *Educação em Revista*, São Paulo, v. 28, n. 1, p. 371-394, 2012.

O artigo apresenta uma pesquisa em que se investigou o trabalho de duas professoras e como esse trabalho poderia atuar para encorajar os estudantes a cruzar a fronteira entre as duas disciplinas ministradas por elas.

FRANCO, L. G. (org.). *Ciência em contexto*: propostas para construir espaços-tempos de ciência na escola. São Paulo: Na Raiz, 2021.

O livro discute propostas didáticas que apresentam o objetivo de favorecer o desenvolvimento de visões mais complexas sobre a ciência e seu papel na sociedade atual.

GARCIA, N. M. D. (org.). *O livro didático de Física e Ciências em foco*: dez anos de pesquisa. São Paulo: Livraria da Física, 2017.

Coletânea de trabalhos científicos sobre o livro didático que discute, entre outras questões, o livro didático como produto cultural e como mercadoria, o Programa Nacional do Livro e do Material Didático (PNLD) e potencialidades e fragilidades dos usos do livro didático em sala de aula.

GOFFMAN, E. *Estigma*. 4. ed. Rio de Janeiro: LTC, 1988.

Obra sociológica que analisa a identidade e as relações sociais da pessoa estigmatizada, em especial quando isso é derivado de diferenças físicas, de raça, nação, religião e comportamento diante das normas.

GONÇALVES, N. G.; GONÇALVES, S. A. *Pierre Bourdieu*: educação para além da reprodução. São Paulo: Vozes, 2017.

Nesse livro, o autor discute a importância de desvendar o papel de cada pessoa no espaço social para que ela não se sinta tão à deriva diante da realidade e tenha os instrumentos fundamentais para visualizar possibilidades de mudança.

GRAMOWSKI, V. B.; DELIZOICOV, N. C.; MAESTRELLI, S. R. P. O PNLD e os guias dos livros didáticos de Ciências (1999-2014): uma análise possível. *Ensaio Pesquisa em Educação em Ciências*, São Paulo, v. 19, 2017.

As autoras realizam uma análise profunda dos guias dos livros didáticos de Ciências da Natureza identificando fatores e critérios relevantes na avaliação desses livros no Programa Nacional do Livro e do Material Didático.

GRAMSCI, A. *Cadernos do cárcere*. Rio de Janeiro: Civilização Brasileira, 2000. v. 2.

Segundo caderno escrito por Gramsci enquanto estava preso no período ditatorial na Itália, o texto versa sobre a educação como processo de ação e instrumento de luta.

HADJI, C. *Avaliação desmistificada*. Porto Alegre: Artmed Editora, 2001.

O autor discute nesse livro a importância da avaliação a serviço das aprendizagens e dá caminhos para isso ser feito.

HOFMANN, J. L.; NAHIRNE, A. P.; STRIEDER, D. M. Um diálogo sobre as concepções alternativas presentes no ensino das Ciências. *Arquivos do MUDI*, São Paulo, v. 21, n. 3, p. 90-101, 2017.

O trabalho apresenta uma revisão bibliográfica sobre as concepções alternativas no ensino de Ciências e que podem se configurar em obstáculos para a aprendizagem dos conhecimentos científicos.

JIMENEZ, M. C. R. *Educação integral*: um conceito em busca de novos sentidos. São Paulo: Cenpec Educação, 2016.

O livro estabelece a definição de educação integral, sua concepção pedagógica e desafios para sua implementação no contexto brasileiro.

KFOURI, S. F.; MORAIS, G. C.; PEDROCHI JUNIOR, O.; PRADO, M. E. B. B. Aproximações da escola nova com as metodologias ativas: ensinar na era digital. *Revista de Ensino, Educação e Ciências Humanas*, São Paulo, v. 20, n. 2, p. 132-140, 2019.

O texto traça um paralelo entre a escola nova, que coloca os estudantes como centro do processo formativo, e as metodologias ativas, que buscam o protagonismo dos estudantes e que têm ganhado espaço na atualidade.

KLEIMAN, A. *Texto e leitor*: aspectos cognitivos da leitura. Campinas: Pontes, 2010.

O livro busca descrever aspectos que constituem a leitura e sua complexidade. Expõe também a multiplicidade de processos cognitivos que constituem a atividade de leitura.

LEÃO, N. M. M.; KALHIL, J. B. Concepções alternativas e os conceitos científicos: uma contribuição para o ensino de Ciências. *Latin-American Journal of Physics Education*, v. 9, n. 4, 2015.

O texto apresenta um breve histórico do ensino de Ciências no Brasil e explora as concepções alternativas dos estudantes, discutindo como elas podem ser trabalhadas pelos professores.

L'ECUYER, C. *Educar na curiosidade*: a criança como protagonista da sua educação. São Paulo: Fons Sapientiae, 2015.

O livro discute como professores e pais podem respeitar o desenvolvimento natural infantil por meio do despertar da curiosidade e instigando as crianças para o aprendizado.

LEITE, F. A.; RADETZKE, F. S. Contextualização no ensino de Ciências: compreensões de professores da Educação Básica. *Vidya Revista Eletrônica*, v. 37, n. 1, p. 273-286, 2017.

O texto apresenta uma análise das compreensões de professores de Ciências da Natureza acerca do processo de contextualização na Educação Básica.

LEMKE, J. L. *Aprender a hablar ciencia*: lenguaje, aprendizaje y valores. Barcelona: Paidós, 2006.

O livro discute a relação entre linguagem e Ciências, construindo, com base em várias questões referentes a esse tema, uma reflexão acerca da importância de se pensar esse aspecto no do ensino de Ciências.

LIBÂNEO, J. C. *Didática*. 13. ed. São Paulo: Cortez, 1994.

Nessa obra, a Didática é apresentada partindo de seus vínculos entre finalidades sociopolíticas e pedagógicas e as bases teórico-científicas e técnicas do processo ensino e aprendizagem.

LIPMAN, M.; SHARP, M. A., OSCANYAN, S. F. *Filosofia na sala de aula*. São Paulo: Nova Alexandria, 2001.

O livro apresenta um método de ensino de Filosofia para estudantes de Ensino Médio com vários exemplos de locais onde já foi colocado em prática com resultados satisfatórios.

LORENZETTI, L.; COSTA, E. M. A promoção da alfabetização científica nos anos finais do Ensino Fundamental por meio de uma sequência didática sobre crustáceos. *Revista Brasileira de Ensino de Ciências e Matemática*, São Paulo, v. 3, n. 1, 2020.

Por meio do exemplo de uma sequência didática sobre crustáceos, o texto discute a importância da alfabetização científica nos anos finais do Ensino Fundamental.

LUCKESI, C. *Avaliação da aprendizagem escolar*. São Paulo: Cortez, 2009.

O texto apresenta a avaliação da aprendizagem escolar por meio de estudos críticos e proposições para que ela se torne viável nas escolas e mais construtiva no processo de ensino-aprendizagem.

MACEDO, R. M. Direito ou privilégio? Desigualdades digitais, pandemia e os desafios de uma escola pública. *Estudos Históricos*, Rio de Janeiro, v. 34, 73, p. 262-280, 2021.

A autora discute no texto impactos na educação decorrentes da pandemia de covid-19 no Brasil em 2020, colocando como panorama central a questão do acesso dos estudantes da Educação Básica às atividades *on-line*.

MARQUES, R.; STIEG, R.; SANTOS, W. Exames estandardizados: uma análise dos modelos e das teorias na produção acadêmica. *Meta*: avaliação, Rio de Janeiro, v. 12, n. 34, p. 1-27, 2020.

Artigo que analisa o debate sobre exames de larga escala em diversos países, incluindo o Brasil.

MARTINS, C. H. S.; CARRANO, P. C. R. A escola diante das culturas juvenis: reconhecer para dialogar. *Educação*, Santa Maria, v. 36, n. 1, p. 43-56, 2011.

Nesse artigo, os autores discutem os processos sociais e culturais contemporâneos produtores das culturas juvenis e chamam a atenção para a necessidade de reconhecer esses processos nas escolas.

MASSCHMANN, F. O. *A aprendizagem significativa como suporte para interdisciplinaridade no ensino de Ciências da Natureza*. Orientador: Roniere dos Santos Fenner. 2018. 29 p. Monografia (Licenciatura em Educação do Campo) – Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Tramandaí, 2018.

O trabalho reflete sobre a aprendizagem significativa e a interdisciplinaridade e como esses dois conceitos podem ser trabalhados em conjunto em busca de se tornarem um suporte para a aprendizagem.

MCNEILL, K. L.; KRAJCIK, J. S. *Supporting Grade 5-8 Students in Constructing Explanations in Science*: The Claim, Evidence, and Reasoning Framework for Talk and Writing. New York: Pearson, 2011.

O livro apresenta elementos para auxiliar os estudantes a desenvolver explicações dentro das Ciências para os diferentes fenômenos por meio de diferentes estratégias que podem ser implementadas pelos professores.

MEGID NETO, J.; FRACALANZA, H. O livro didático de Ciências: problemas e soluções. *Ciência & Educação*, Campinas (SP), v. 9, n. 2, p. 147-157, 2003.

O livro traça um panorama histórico e contextualizado do livro didático de Ciências no Brasil, com vários elementos que discutem sua concepção, avaliação e o estabelecimento do Programa Nacional do Livro e do Material Didático.

MENDES, L. H. V. *Impacto do tamanho da turma nos quantis de desempenho de alunos do 5º ano do Ensino Fundamental*. 2015. 31 p. Monografia (Bacharelado em Ciências Econômicas) – Universidade de Brasília, Brasília, 2015.

A monografia apresenta uma reflexão com base em uma pesquisa que investiga o impacto do tamanho da turma no desempenho dos estudantes do 5º ano do Ensino Fundamental.

MENDONÇA, J. M. *Intervenção didática sobre intoxicação alimentar em ambiente escolar*: conhecimentos prévios e cuidados com os alimentos. Orientadora: Clara de Fátima Gomes Cavados. 2017. 34 p. Trabalho de Conclusão de Curso (Especialização em Ensino em Biociências e Saúde) – Instituto Oswaldo Cruz, Fundação Oswaldo Cruz, Rio de Janeiro, 2017.

Por meio de uma discussão referente à conservação dos alimentos e sua relação com a intoxicação alimentar, a autora constrói uma reflexão sobre o papel dos conhecimentos prévios no processo de ensino-aprendizagem.

MIRANDA, L. H. M. PLACCO, V. M. N. S.; FERREIRA, P. V.; SILVA, D. A. Desafios e utopias nas escolas públicas paulistas: um (re)olhar sobre o descritor "desigualdade socioeconômica". *FINOM Humanidades e Tecnologia*, São Paulo, v. 33, n. 1, p. 43-56, 2022.

O texto busca discutir quais são os desafios da escola na atualidade por meio da reflexão sobre as desigualdades socioeconômicas evidenciadas nas escolas públicas.

MORAES, T. O. *Análise da média de alunos por turma e taxas de rendimento*: Anos Finais do Ensino Fundamental da Rede Municipal de Educação de São Luís (MA), no período de 2015 a 2019. Orientador: Wagner Silveira Rezende. 2021. 9 p. Trabalho de Conclusão de Curso (Especialização em Estatística e Avaliação Educacional) – Faculdade de Educação, Universidade Federal de Juiz de Fora, Juiz de Fora, 2021. Disponível em: http://repositorio.ufjf.br:8080/jspui/handle/ufjf/13348. Acesso em: 1º maio 2022.

O artigo apresenta uma reflexão com base em uma pesquisa que investiga o impacto do tamanho da turma no desempenho dos estudantes dos anos finais do Ensino Fundamental.

MORAN, J. M. Metodologias ativas para uma aprendizagem mais profunda. *In*: BACICH, L.; MORAN, J. (org.). *Metodologias ativas para uma educação inovadora*: uma abordagem teórico-prática. Porto Alegre: Penso, 2018.

O autor discute a definição e os objetivos das metodologias ativas para que, de fato, acompanhem os objetivos pretendidos no processo de ensino-aprendizagem.

MOREIRA, E. S. *O pensamento crítico e criativo no Ensino Fundamental I*. Orientador: Pricila Kohls dos Santos. 2021. 109 p. Dissertação (Mestrado em Educação) – Universidade Católica de Brasília, Brasília, 2021.

Trata-se de um trabalho de pesquisa em que são investigados conceitos sobre os pensamentos críticos e criativos na visão de professores e gestores do Ensino Fundamental I de uma rede de ensino particular.

MORTIMER, E. F. Construtivismo, mudança conceitual e ensino de Ciências: para onde vamos? *Investigações em Ensino de Ciências*, Minas Gerais, v. 1, n. 1, p. 20-39, 1996.

O autor discute criticamente aspectos do construtivismo e das estratégias de ensino para a mudança conceitual. Assim, busca construir um modelo alternativo para compreender as concepções dos estudantes em uma noção de perfil conceitual.

MOURÃO, A. K. P. *A influência da quantidade de alunos em sala no rendimento escolar*. Orientador: Francisco Alexandre de Oliveira Feitosa. 2013. 61 p. Monografia (Licenciatura em Física) – Universidade Federal do Ceará, Caucaia, 2013.

O texto discute a relação entre a quantidade de estudantes em sala de aula e o rendimento escolar.

OLIVEIRA, E. F. *O ensino de Ciências a partir de conhecimentos prévios dos estudantes*. Orientadora: Marilena Aparecida Rosalen. 2022. 30 p. Monografia (Licenciatura em Ciências) – Universidade Federal de São Paulo, Diadema, 2022.

O trabalho discute a relação entre os conhecimentos prévios dos estudantes e o ensino de Ciências, refletindo sobre como esses conhecimentos podem se configurar aliados dos professores na construção dos conhecimentos pelos estudantes.

OLIVEIRA, J. M. *Custo-efetividade de políticas de redução do tamanho da classe e ampliação da jornada escolar*: uma aplicação de estimadores de *matching*. Rio de Janeiro: Banco Nacional de Desenvolvimento Econômico e Social, 2010.

O trabalho tem o objetivo de contribuir para a discussão referente à identificação do impacto de políticas de redução do tamanho das turmas e do aumento da jornada escolar no rendimento escolar dos estudantes.

OLIVEIRA, M. T. *et al*. Síndrome de Burnout em professores universitários: revisão integrativa da literatura. *Revista Eletrônica Acervo Saúde*, São Paulo, v. 12, n. 9, p. e3688-e3688, 2020.

O artigo apresenta uma revisão da literatura sobre como a síndrome de Burnout tem afetado professores universitários, discutindo os impactos que gera no trabalho desses docentes.

PAIS, J. M. Buscas de si: expressividades e identidades juvenis. *In*: ALMEIDA, M. I. M. de; EUGENIO, F. *Culturas juvenis*: novos mapas do afeto. Rio de Janeiro: Zahar, 2012.

O artigo faz parte de um livro que aborda os problemas enfrentados pelas juventudes urbanas no Brasil e apresenta os jovens em sua multiplicidade.

PALACIOS, E. M. G. *et al*. *Introdução aos estudos CTS*: Ciência, Tecnologia e Sociedade. Cadernos de Ibero-América. Madrid: OEI, 2003.

O trabalho busca aprofundar e ampliar a discussão sobre os estudos CTS no Brasil por meio de diferentes perspectivas apresentadas no texto pelos autores.

PAULETTI, F. *et al*. A importância das perguntas de estudantes na pesquisa em sala de aula: um exemplo no Ensino Fundamental. *Revista de Educação, Ciências e Matemática*, São Paulo, v. 11, n. 2, 2021.

Considerando o tema "lixo", o artigo discute como as perguntas e as respostas dos estudantes podem se configurar como importante ponto de partida para pesquisas em sala de aula.

PAZ, J. F.; ROCHA, R. P. Metodologias ativas, pensamento crítico e criativo e outras tendências para o ensino na atualidade. *Humanidades & Inovação*, São Paulo, v. 8, n. 41, p. 122-131, 2021.

O trabalho busca analisar o atual contexto escolar referente às transformações cotidianas e a possibilidade do uso das metodologias ativas aplicadas ao ensino e à aprendizagem na era das tecnologias digitais.

PERRENOUD, P. *Avaliação*: da excelência à regulação das aprendizagens – entre duas lógicas. Porto Alegre: Artmed, 1999.

Nessa obra, o renomado autor mostra a complexidade do problema da avaliação e aborda como ela está no âmago das contradições do sistema educativo por meio de textos que podem ser lidos de forma independente e que abordam diferentes temas dentro da avaliação.

PINHEIRO, N. A. M.; SILVEIRA, R. M. C. F.; BAZZO, W. A. Ciência, Tecnologia e Sociedade: a relevância do enfoque CTS para o contexto do Ensino Médio. *Ciência & Educação*, São Paulo, v. 13, p. 71-84, 2007.

O texto discute os pressupostos do movimento CTS e ressalta a importância de seu enfoque para a construção de questionamentos críticos e reflexivos no contexto científico-tecnológico, especialmente para o Ensino Médio.

PISCHETOLA, M.; MIRANDA, L. T. Metodologias ativas: uma solução simples para um problema complexo? *Revista Educação e Cultura Contemporânea*, Rio de Janeiro, v. 16, n. 43, p. 30-56, 2019.

O texto discute a importância das metodologias ativas e problematiza sua inserção no processo de ensino-aprendizagem.

REBOUÇAS, M. S. C.; BEZERRA, D. P. Metodologias ativas como práxis interdisciplinar na educação profissional e tecnológica. *Research, Society and Development*, v. 10, n. 16, 2021.

No contexto da educação profissional e tecnológica, o texto reflete sobre o uso das metodologias ativas aliadas à interdisciplinaridade nas escolas.

RICARDO, E. C. *Competências, interdisciplinaridade e contextualização*: dos Parâmetros Curriculares Nacionais a uma compreensão para o ensino das Ciências. Orientador: Arden Zylbersztajn. 2005. 257 p. Tese (Doutorado em Educação Científica e Tecnológica) – Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2005.

Os Parâmetros Curriculares Nacionais apresentam orientações para o ensino das Ciências, ponto de partida desse texto, que explora a reflexão acerca dos conceitos de competências, interdisciplinaridade e contextualização nesse documento.

RODRIGUES, M. A. F. M.; DIAS, E. M.; SOUZA, F. N. Aprendizagem por pares e questionamento na iniciação e revisão do tema ácido/base em contexto CTS. *Indagatio Didactica*, Aveiro, v. 8, n. 1, p. 1644-1662, 2016.

Pesquisa portuguesa em que a aprendizagem por pares foi aplicada a turmas do 8º ano da Educação Básica para o ensino do assunto de ácidos e bases em uma abordagem CTS. Os pesquisadores concluem que a metodologia favorece o desenvolvimento de capacidades sociais e o conhecimento, por parte do professor, das dificuldades dos estudantes.

ROSA, M. D.; ARTUSO, A. R. O uso do livro didático de Ciências de 6º a 9º ano: um estudo com professores brasileiros. *Revista Brasileira de Pesquisa em Educação em Ciências*, Minas Gerais, v. 19, p. 709-746, 2019.

Os autores realizaram uma extensa pesquisa com professores de todo o Brasil referente a como eles usam os livros didáticos e discutem o papel que esse elemento didático constitui nas práticas desses docentes.

SANTOS, B. S. *Reconhecer para libertar*: os caminhos do cosmopolitismo multicultural. Rio de Janeiro: Civilização Brasileira, 2003.

O livro aborda as lutas pelo reconhecimento do direito à diferença de diversos movimentos sociais.

SANTOS, C. S. *Ensino de Ciências*: abordagem histórico-crítica. 2. ed. Campinas: Autores associados, 2012.

Tendo em vista a emancipação do estudante e a possibilidade de transformação social, César Santos discute nesse livro a pedagogia histórico-crítica e a defende como instrumento para o ensino de Ciências.

SANTOS, V. S.; SANTOS, J. F.; SCHNEIDER, H. N. Culturas juvenis, socialidade e educação: elementos para (re)pensar a formação humana na cibercultura. *Interfaces Científicas*, Aracaju, v. 10, n. 2, p. 11-24, 2020.

O artigo reflete sobre os fenômenos socioculturais das juventudes contemporâneas, sendo uma possibilidade para (re)pensar a educação em sua dimensão humanística, criativa e solidária.

SANTOS, W. L. P. Educação científica na perspectiva de letramento como prática social: funções, princípios e desafios. *Revista Brasileira de Educação*, Rio de Janeiro, v. 12, n. 36, p. 474-550, 2007.

O artigo apresenta, por meio de visões sociológicas e filosóficas da ciência, uma discussão sobre concepções históricas acerca do papel da educação científica. Além disso, traz também uma revisão da literatura sobre significados da educação científica.

SANTOS, W. L. P.; MORTIMER, E. F. Uma análise de pressupostos teóricos da abordagem CTS (Ciência-Tecnologia-Sociedade) no contexto da educação brasileira. *Ensaio Pesquisa em Educação em Ciências*, Minas Gerais, v. 2, n. 2, p. 1-23, 2000.

Os autores aprofundam a discussão referente à abordagem CTS no contexto da educação brasileira por meio da análise de seus pressupostos teóricos.

SASSERON, L. H. Alfabetização científica, ensino por investigação e argumentação: relações entre Ciências da Natureza e escola. *Ensaio Pesquisa em Educação em Ciências*, Minas Gerais, v. 17, n. especial, p. 49-67, 2015.

Neste texto, a autora aprofunda a discussão referente à alfabetização científica, associando-a ao ensino por investigação e argumentação.

SASSERON, L. H. Alfabetização científica: uma revisão bibliográfica. *Investigações em Ensino de Ciências*, São Paulo, v. 16, n. 1, p. 59-77, 2011.

Nesse texto clássico, a autora discute, por meio de uma revisão bibliográfica aprofundada, o conceito de alfabetização científica.

SASSERON, L. H.; CARVALHO, A. M. P. Construindo argumentação na sala de aula: a presença do ciclo argumentativo, os indicadores de alfabetização científica e o padrão de Toulmin. *Ciência & Educação*, Bauru, v. 17, n. 1, p. 97-114, 2011.

Nesse trabalho, as autoras analisam discussões ocorridas em sala de aula, identificando relações entre a argumentação e a alfabetização científica.

SASSERON, L. H. Ensino de Ciências por investigação e o desenvolvimento de práticas: uma mirada para a Base Nacional Comum Curricular. *Revista Brasileira de Pesquisa em Educação em Ciências*, São Paulo, v. 18, n. 3, p. 1061-1085, 2018.

O artigo discute a BNCC por meio da análise do ensino de Ciências por investigação e do desenvolvimento de práticas em seu texto.

SAVIANI, D. A pedagogia histórico-crítica. *Revista Binacional Brasil-Argentina*: diálogo entre as ciências, Vitória da Conquista, v. 3, n. 2, p. 11-36, 2014.

O texto é o registro de uma conferência proferida pelo professor Saviani em que se abordam as origens da pedagogia histórico-crítica e seus fundamentos filosóficos, psicológicos e didático-pedagógicos.

SAVIANI, D. *Escola e democracia*. 42. ed. Campinas: Autores Associados, 2012.

O livro apresenta uma discussão referente às relações entre educação e democracia, considerando que é necessário articular o trabalho desenvolvido nas escolas com o processo de democratização da sociedade.

SAVIANI, D. *Pedagogia histórico-crítica, quadragésimo ano*: novas aproximações. Campinas: Autores associados, 2019.

Esse livro é a continuação da delimitação da pedagogia histórico-crítica, resultado da sistematização da teoria resultante de conferências proferidas pelo professor Saviani entre 2005 e 2019.

SAVIANI, D. Trabalho e educação: fundamentos ontológicos e históricos. *Revista Brasileira de Educação*, Rio de Janeiro, v. 12, n. 34, p. 152-165, 2007.

O artigo apresenta uma discussão sobre a necessidade do restabelecimento da articulação entre trabalho e educação, tendo o trabalho como princípio educativo.

SILVA, E. F.; VEIGA, I. P. A. *Ensino Fundamental*: da LDB à BNCC. Campinas: Papirus, 2018.

O trabalho faz um apanhado histórico referente às legislações e aos documentos relacionados ao Ensino Fundamental no Brasil, desde a instituição da primeira LDB, em 1961, até a atual BNCC.

SILVA, E. L. *Contextualização no ensino de Química*: ideias e proposições de um grupo de professores. Orientadora: Maria Eunice Ribeiro Marcondes. 2007. 144 p. Dissertação (Mestrado em Ensino de Ciências) – Instituto de Química, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2007.

O trabalho foi estruturado com base na investigação das ideias e proposições de um grupo de professores a respeito da contextualização no ensino de Química.

SILVA, K. V. F. D.; ARTUSO, A. R.; SUERO, R. A política pública do Programa Nacional Do Livro Didático (PNLD) como uma tecnologia na Educação Básica. *Revista Mundi Sociais e Humanidades*, Paranaguá, v. 5, n. 1, p. 72-1-72-15, 2020.

Os autores apresentam uma argumentação que relaciona a influência do Estado capitalista no Programa Nacional do Livro e do Material Didático com a ideia de tecnologia, caracterizando o livro didático como uma tecnologia de ensino.

SILVA, L. A. R.; MILARÉ, T. Truques populares de limpeza doméstica: potencialidades para a Alfabetização Científica e Tecnológica. *Scientia Naturalis*, Rio Branco, v. 1, n. 3, p. 355-368, 2019.

O artigo analisa e discute as potencialidades do uso de vídeos sobre truques populares de limpeza doméstica no ensino de Química, sob a perspectiva da Alfabetização Científica e Tecnológica.

SILVA, L. M. S. *et al*. Relação entre a desvalorização profissional e o mal-estar docente. *Revista Latino-Americana de Estudos em Cultura e Sociedade*, v. 4, n. 752, p. 1-10, 2018.

O artigo apresenta uma pesquisa de investigação sobre como a desvalorização dos professores pode ser um desencadeador de mal-estar docente, impactando seu trabalho.

SILVA, M. A. A fetichização do livro didático no Brasil. *Educação & Realidade*, Porto Alegre, v. 37, p. 803-821, 2012.

O autor apresenta uma reflexão acerca das diversas polêmicas que envolvem os livros didáticos, veiculadas pela imprensa na década de 2010, buscando demonstrar a supervalorização desse instrumento didático/pedagógico na cultura escolar da época.

SILVA, P. B. C. *Ciência, tecnologia e sociedade na América Latina nas décadas de 60 e 70*: análise de obras do período. Orientador: Alvaro Chrispino. 2015. 122 p. Dissertação (Mestrado em Educação) – Centro Federal de Educação Tecnológica Celso Suckow da Fonseca, Rio de Janeiro, 2015.

O trabalho discute os enfoques teóricos de CTS vinculados a ideias europeias e norte-americanas, e questiona como esses pensamentos podem se relacionar ao pensamento CTS latino-americano e às concepções de CTS atuais.

SILVA, R. C.; BIZERRA, A. M. C. Uso de mapas conceituais para identificação de conhecimentos prévios no ensino de Química orgânica. *REAMEC - Rede Amazônica de Educação em Ciências e Matemática*, Cuiabá, v. 9, n. 3, p. 1-13, 2021.

O texto apresenta uma análise referente aos conceitos de mapas conceituais e conhecimentos prévios e examina de que maneira eles podem se articular no ensino de Química.

SILVA, R. S. *A mediação pedagógica no desenvolvimento de uma sequência de ensino investigativa que articula conhecimentos astronômicos e físicos*. 2019. 144 p. Dissertação (Mestrado em Ensino de Física) – Universidade Federal do Espírito Santo, Vitória, 2019.

Usando a articulação entre conhecimentos astronômicos e físicos, esse trabalho discute o papel da mediação pedagógica no desenvolvimento de uma sequência de ensino investigativa.

SOLINO, A. P.; SASSERON, L. H. A significação do problema didático a partir de potenciais problemas significadores. *Ciência e Educação*, Bauru, v. 25, n. 3, p. 569-587, 2019.

O trabalho se estrutura com base na questão: "De que forma professor(a) e estudantes atribuem sentidos e significados a um problema didático trabalhado em aula investigativa?". Assim, analisa a significação de um problema didático em uma atividade baseada no ensino por investigação.

SOUSA, R. M. S. *Metodologias ativas para o ensino-aprendizagem de língua portuguesa*: proposta para os anos finais do Ensino Fundamental. Orientador: Cilson César Fagiani 2021. 125 p. Dissertação (Mestrado em Educação) – Universidade de Uberaba, Uberlândia.

O texto trabalha as definições e as possibilidades das metodologias ativas, discutindo elementos importantes relacionados a essa proposta metodológica.

VELHO, G.; DIAS, F. *Juventude contemporânea*: culturas, gostos e carreiras. 7 ed. Rio de Janeiro: Letras, 2010.

Trata-se de uma coletânea de textos que analisa e discute a juventude contemporânea usando para isso diferentes aspectos, como religião, saúde, consumo, arte, sexualidade, educação e tecnologia.

VIÇOSA, C. S. C. L. *et al*. Desafio da formação continuada em abordagens acerca do meio ambiente em uma perspectiva interdisciplinar. *Revista Interdisciplinaridade*, São Paulo, n. 12, p. 84-101, 2018.

O artigo é a síntese de uma pesquisa realizada com professores do Ensino Fundamental com o objetivo de identificar subsídios oportunizados pela formação continuada relacionada ao tema "Meio ambiente e interdisciplinaridade".

VIEIRA, G. A.; ZAIDAN, S. Estratégias de ensino de Matemática para turmas heterogêneas. *Em Teia – Revista de Educação Matemática e Tecnológica Iberoamericana*, v. 7, n. 3, p. 1-19, 2016.

Por meio do estudo de relatos de professores, apresentam-se reflexões sobre quais estratégias de ensino selecionar para turmas heterogêneas de Matemática.

VILLAS BOAS, B. M. F. *Portfólio, avaliação e trabalho pedagógico*. Campinas: Papirus, 2004.

O livro discute a possibilidade de uso do portfólio, tendo como ponto de referência o trabalho pedagógico na avaliação formativa.

WING, J. Pensamento computacional: um conjunto de atitudes e habilidades que todos, não só cientistas da computação, ficaram ansiosos para aprender e usar. *Revista Brasileira de Ensino de Ciência e Tecnologia*, Ponta Grossa, v. 9, n. 2, p. 1-10, maio/ago. 2016.

O artigo delimita o conceito de pensamento computacional e reflete sobre seus limites e suas possibilidades dentro do ensino de Ciências.

Orientações específicas

Cada volume da coleção se dedica a um ano do Ensino Fundamental – Anos Finais. Os quadros a seguir apresentam a relação dos objetivos a serem desenvolvidos em cada capítulo do volume, as competências e as habilidades da BNCC trabalhadas no volume e opções de cronograma bimestral, trimestral e semestral.

Volume 6

O Volume 6 se inicia com a unidade *O planeta Terra*, que trabalha a unidade temática "Terra e Universo" da BNCC. O primeiro capítulo aborda a aparência da Terra e as evidências de seu formato esférico. O segundo capítulo trata da passagem do tempo medida a partir de movimento dos astros, em especial o movimento das sombras geradas por um gnômon. No terceiro capítulo as camadas da Terra são abordadas, desde a atmosfera até o núcleo do planeta. O Capítulo 4 encerra a unidade focando a crosta do planeta e a discussão sobre a formação e cuidados com o solo.

A Unidade 2 trata dos seres vivos no planeta. Começa pela compreensão sobre a água, a vida e o ambiente, no Capítulo 5. O sexto capítulo aborda a célula como unidade funcional e estrutural dos seres vivos e propõe o reconhecimento dos principais níveis de organização dos seres vivos. No Capítulo 7, o assunto é a locomoção humana, aproveitando-se das discussões anteriores para concluir que a estrutura, a sustentação e a movimentação dos animais vertebrados resultam da interação entre os sistemas muscular, esquelético e nervoso. Nessa unidade, "Vida e evolução" é a unidade temática trabalhada.

A Unidade 3 traz elementos para a discussão de como percebemos o mundo, também na unidade temática "Vida e evolução". O primeiro assunto, no Capítulo 8, é o sistema nervoso e suas integrações. Na sequência, o Capítulo 9 trata dos sentidos e de suas relações com o sistema nervoso. Fechando a unidade, o Capítulo 10 aborda o efeito das drogas no sistema nervoso.

Completando o trabalho do volume, a unidade *Entendendo o mundo* enfoca a unidade temática "Matéria e energia" da BNCC. O Capítulo 11 inicia com o reconhecimento dos materiais e suas principais classificações, discutindo também o descarte deles. O Capítulo 12 trata das misturas, suas classificações, as formas de separação e os impactos do descarte inadequado. Por fim, no Capítulo 13 – *As transformações da matéria* – analisam-se alguns contextos em que as transformações químicas são utilizadas para promover soluções sustentáveis para o ambiente.

Sumário

UNIDADE 1 – O planeta Terra 8

CAPÍTULO 1 – A aparência da Terra 10

#As aparências podem enganar 11
#Evidências científicas do formato da Terra 13
#Experimentar 13
#Atividades 15
#Experimentar 17
#Atividades 25

CAPÍTULO 2 – A Terra e o Sol 26

#Movimento da Terra e a marcação do tempo 27
#Experimentar 32
#Diferentes escalas de tempo 40
#Atividades 41

CAPÍTULO 3 – A estrutura do planeta Terra 42

#A atmosfera 43
#Camadas da atmosfera 44
#O interior da Terra 46
#Experimentar 48
#Rochas e minerais 50
#Atividades 56

CAPÍTULO 4 – A crosta da Terra 59

#A crosta terrestre na história da Terra 60
#Os seres vivos moldam a crosta terrestre 63
#Como o solo se forma 64
#Experimentar 68
#Experimentar 74
#Atividades 77
#Mural de ideias 79

UNIDADE 2 – Seres vivos no planeta 80

CAPÍTULO 5 – Água, vida e ambiente 82

#A água e os seres vivos 83
#O ciclo da água 88
#Experimentar 90
#Vida: interação com o ambiente 91
#Atividades 94

CAPÍTULO 6 – Das células aos organismos 96

#As células 97
#Experimentar 101
#Experimentar 104
#Características dos seres vivos 105
#Níveis de organização dos seres vivos 108
#Organização do corpo humano 110
#Atividades 112

CAPÍTULO 7 – Locomoção humana 115

#Sistema esquelético 116
#Sistema muscular 123
#Experimentar 128
#A saúde dos sistemas esquelético e muscular 129
#Atividades 131
#Mural de ideias 133

UNIDADE 3 – PERCEBENDO O MUNDO 134

CAPÍTULO 8 – Sistema nervoso e suas integrações 136

#As células do sistema nervoso 137
#Sistema nervoso 142
#Atividades 149

CAPÍTULO 9 – Os sentidos 152

#Os sentidos e os seres humanos 153
#Olfação 155
#Experimentar 156
#Gustação 157
#Experimentar 160
#Tato 161
#Audição 163
#Visão 168
#Experimentar 170
#Atividades 175

CAPÍTULO 10 – Efeitos das drogas no sistema nervoso 177

#Drogas e o corpo humano 178
#Atividades 191
#Mural de ideias 193

UNIDADE 4 – ENTENDENDO O MUNDO 194

CAPÍTULO 11 – Materiais: classificação e descarte 196

#Classificando os materiais 197
#Atividades 200
#Impactos do descarte incorreto de plásticos 201
#Experimentar 206
#Atividades 207
#Outra categoria de materiais: os medicamentos 209
#Atividades 213

CAPÍTULO 12 – As misturas ao nosso redor 214

#Classificando as misturas 215
#Experimentar 219
#Quando as misturas são um problema 220
#Separando as misturas 225
#Experimentar 227
#Atividades 232
#Extração e refino do petróleo 236
#Atividades 238

CAPÍTULO 13 – As transformações da matéria 241

#Tipos de transformação 242
#Experimentar 245
#Experimentar 251
#Transformações químicas no cotidiano 253
#Atividades 260
#Mural de ideias 262

Competências gerais e específicas 263

Habilidades 263

Referências bibliográficas comentadas 264

Justificativa e pertinência do volume

Os objetivos apresentados a seguir foram articulados com os pressupostos teórico-metodológicos da obra. Na primeira unidade do 6º ano, sobre Terra e Universo, os objetivos se justificam por permitirem o trabalho de competências e habilidades da BNCC e valorizarem o conhecimento científico historicamente sistematizado. Em particular, há a preocupação inicial com a dinâmica de funcionamento da ciência, que se entende pertinente diante da proposta da obra de promover uma alfabetização científica e tecnológica em uma abordagem que relacione ciência, tecnologia e sociedade. Assim, objetivos como a compreensão de como as Ciências buscam resolver problemas e o reconhecimento do formato da Terra e de suas camadas são importantes para os estudantes desenvolverem um pensamento crítico, podendo inclusive combater pseudociências e negacionismos científicos.

Na segunda unidade, os estudantes devem compreender as relações entre água, vida e ambiente e, aprofundando-se nos organismos vivos, têm contato com o conceito de célula e de sistemas do corpo humano responsáveis pela locomoção. A pertinência dos objetivos reside na importância ambiental e nos cuidados com a saúde para a preservação da vida e justificam-se diante das possibilidades de trabalho da BNCC, da valorização do conhecimento científico produzido pela humanidade e das reflexões proporcionadas sobre as relações entre ciência, tecnologia e sociedade.

Na terceira unidade, a percepção do mundo por meio dos sentidos e o conhecimento sobre os efeitos das drogas no sistema nervoso propõem aos estudantes objetivos em torno da compreensão básica do sistema nervoso, inclusive na coordenação de funções vitais, no reconhecimento de relações entre o sistema nervoso e os órgãos dos sentidos, e na compreensão de como as drogas psicoativas podem afetar a saúde. Sua pertinência reside em abordar a saúde pessoal e coletiva e esclarecer como os sentidos compreendem o ambiente ao nosso redor, podendo proporcionar uma alfabetização científica e tecnológica.

A quarta unidade inicia o estudo da matéria e suas transformações, com a pertinência dos objetivos vinda do impacto que o descarte inadequado de materiais pode causar e no debate de soluções sustentáveis para o ambiente. Assim, objetivos como o reconhecimento dos materiais, a classificação das misturas e a identificação de evidências que caracterizam uma transformação química são justificados pela possibilidade de relações entre ciência, tecnologia e sociedade que permitem, além de valorizar o conhecimento científico historicamente produzido e sistematizado e a possibilidades de os estudantes desenvolverem competências e habilidades da BNCC a partir desses objetivos.

Objetivos

UNIDADE 1 – O PLANETA TERRA	OBJETIVOS
Capítulo 1 – A aparência da Terra	• Reconhecer o formato da Terra. • Discutir evidências do formato esférico da Terra. • Compreender como as Ciências buscam resolver problemas.
Capítulo 2 – A Terra e o Sol	• Relacionar as mudanças nas sombras geradas por um gnômon ao longo do dia com a rotação da Terra. • Compreender as estações do ano como consequências da relação entre a translação da Terra e a inclinação do seu eixo de rotação.
Capítulo 3 – A estrutura do planeta Terra	• Reconhecer a atmosfera terrestre e suas camadas. • Reconhecer as camadas da Terra. • Compreender como as Ciências buscam resolver problemas. • Identificar a estrutura interna do planeta Terra em desenhos e modelos. • Identificar os diferentes tipos de rocha. • Compreender a relação entre rochas sedimentares e a formação de fósseis.
Capítulo 4 – A crosta da Terra	• Compreender a formação da crosta terrestre. • Reconhecer as características da crosta terrestre. • Compreender a origem do solo e sua composição. • Discutir a importância do cuidado com o solo. Reconhecer as partes do solo.

UNIDADE 2 – SERES VIVOS NO PLANETA	OBJETIVOS
Capítulo 5 – Água, vida e ambiente	• Compreender a distribuição da água no planeta Terra, comparando as quantidades de água salgada e de águas continentais. • Caracterizar a hidrosfera. • Propor formas sustentáveis de utilização da água potável. • Recordar os estados físicos da água. • Caracterizar a biosfera. • Compreender que ambientes distintos abrigam diversidade de seres vivos. • Propor cuidados com o planeta Terra.
Capítulo 6 – Das células ao organismo	• Compreender a teoria celular e o papel da célula como unidade funcional e estrutural dos seres vivos. • Caracterizar as principais partes de uma célula e os principais tipos celulares. • Reconhecer os principais níveis de organização dos seres vivos. • Identificar os principais tipos de tecido do corpo humano. • Propor cuidados com o planeta Terra.
Capítulo 7 – Locomoção humana	• Reconhecer os ossos e a estrutura do esqueleto humano. • Compreender como os músculos e os ossos atuam na movimentação do corpo. • Concluir que a estrutura, a sustentação e a movimentação dos animais vertebrados resultam da interação entre os sistemas muscular, esquelético e nervoso. • Identificar atitudes que promovem a saúde dos sistemas muscular e esquelético. • Compreender a importância da autonomia na movimentação de pessoas com mobilidade reduzida ou com outras deficiências.
UNIDADE 3 – PERCEBENDO O MUNDO	**OBJETIVOS**
Capítulo 8 – Sistema nervoso e suas integrações	• Conhecer a estrutura básica do sistema nervoso humano. • Compreender as funções do sistema nervoso. • Reconhecer as relações que o sistema nervoso estabelece com outros sistemas do corpo humano. • Discutir a importância do sistema nervoso para a coordenação das funções vitais.
Capítulo 9 – Os sentidos	• Discutir a importância dos sentidos e relacioná-los à percepção do ambiente que nos cerca. • Identificar a estrutura básica dos órgãos dos sentidos. • Reconhecer as relações entre o sistema nervoso e os órgãos dos sentidos. • Analisar exemplos de alterações e problemas no sistema sensorial.
Capítulo 10 – Efeito das drogas no sistema nervoso	• Discutir os efeitos das drogas psicoativas nas sinapses. • Classificar as drogas psicoativas com base nas reações que causam no organismo. • Conhecer as relações entre o uso de drogas e o sistema nervoso. • Compreender como as drogas psicoativas podem afetar a saúde.
UNIDADE 4 – ENTENDENDO O MUNDO	**OBJETIVOS**
Capítulo 11 – Materiais: classificação e descarte	• Reconhecer os materiais e classificá-los com base em suas principais características. • Compreender os impactos causados pelo descarte inadequado de materiais, tanto no ambiente quanto na sociedade.
Capítulo 12 – As misturas ao nosso redor	• Classificar as misturas como homogêneas ou heterogêneas. • Identificar os métodos mais adequados para a separação dos componentes de diferentes misturas. • Identificar os impactos causados pelo descarte inadequado de determinadas misturas no ambiente.
Capítulo 13 – As transformações da matéria	• Diferenciar transformações físicas e químicas. • Identificar as evidências que caracterizam uma transformação química, relacionando-as a fenômenos do cotidiano. • Analisar alguns contextos em que as transformações químicas são utilizadas para promover soluções sustentáveis para o ambiente.

Caderno da BNCC para o(a) professor(a): competências e habilidades da BNCC

A seguir, identificamos todas as competências gerais, as competências específicas e as habilidades da BNCC que são trabalhadas no volume. Além disso, apresentamos alguns exemplos de como e em quais momentos esse trabalho ocorre. Já nas *Orientações didáticas* da reprodução do Livro do Estudante, apresentamos de forma mais detalhada o trabalho com as competências e as habilidades, página a página.

Competências gerais

COMPETÊNCIAS GERAIS	EXEMPLOS GERAIS DE COMO SÃO TRABALHADAS
1 Valorizar e utilizar os conhecimentos historicamente construídos sobre o mundo físico, social, cultural e digital para entender e explicar a realidade, continuar aprendendo e colaborar para a construção de uma sociedade justa, democrática e inclusiva.	Assim como todo o tópico *Evidências científicas do formato da Terra*, do capítulo *A aparência da Terra*, a atividade proposta no boxe *#Para refletir* (p. 22) permite aos estudantes mobilizar conhecimentos historicamente construídos sobre o mundo físico para elaborar argumentos a respeito do formato do planeta Terra, principalmente ao listar evidências e conclusões que foram apreendidas pela humanidade ao longo da história.
2 Exercitar a curiosidade intelectual e recorrer à abordagem própria das ciências, incluindo a investigação, a reflexão, a análise crítica, a imaginação e a criatividade, para investigar causas, elaborar e testar hipóteses, formular e resolver problemas e criar soluções (inclusive tecnológicas) com base nos conhecimentos das diferentes áreas.	Ao longo do volume, as atividades propostas na seção *#Experimentar*, dispondo de estratégias diversificadas conforme o objeto do conhecimento mobilizado, oferecem momentos de exercício da curiosidade intelectual e de prática da abordagem própria das Ciências. Além disso, alguns itens da seção *#Atividades*, assim como algumas ocorrências dos boxes *#Para refletir*, propõem reflexões e/ou investigações, em geral articuladas com situações que envolvem pesquisa, argumentação e produção de material de divulgação.
3 Valorizar e fruir as diversas manifestações artísticas e culturais, das locais às mundiais, e também participar de práticas diversificadas da produção artístico-cultural.	No primeiro capítulo do volume, a obra literária de Terry Pratchet é tema para discutir o formato da Terra, assim como explicações das culturas grega e hindu. Também a constelação da Ema, de povos tupis-guaranis, é valorizada para abordar os astros no céu. Ao final do capítulo, a Atividade 5 envolve os estudantes em uma produção de história em quadrinhos. No segundo capítulo, práticas culturais diversas relacionadas com a mensuração do tempo são abordadas, como os casos chinês e do povo ameríndio Suyá, além de ser proposta a audição da obra *As Quatro Estações*, de Vivaldi.
4 Utilizar diferentes linguagens – verbal (oral ou visual-motora, como Libras, e escrita), corporal, visual, sonora e digital –, bem como conhecimentos das linguagens artística, matemática e científica, para se expressar e partilhar informações, experiências, ideias e sentimentos em diferentes contextos e produzir sentidos que levem ao entendimento mútuo.	Ao longo do volume, são reservados momentos, em especial em itens da seção *#Atividades* e em uma ocorrência do boxe *#Para refletir* (p. 188), de produção de material de divulgação científica utilizando diferentes linguagens como finalização de situações que envolvam pesquisa e argumentação.
5 Compreender, utilizar e criar tecnologias digitais de informação e comunicação de forma crítica, significativa, reflexiva e ética nas diversas práticas sociais (incluindo as escolares) para se comunicar, acessar e disseminar informações, produzir conhecimentos, resolver problemas e exercer protagonismo e autoria na vida pessoal e coletiva.	A competência aparece na obra em momentos relacionados à solicitação de pesquisas aos estudantes ou à divulgação de dados e ideias científicas em diferentes formas de comunicação. Por exemplo, ao tratar das fotografias da Terra no Capítulo 1, a obra propõe a compreensão de pesquisas da internet com base em critérios éticos e reflexivos, além de estimular o acesso a informações digitais sobre circum-navegação ou ao mapeamento tridimensional dos objetos em órbita da Terra.

COMPETÊNCIAS GERAIS	EXEMPLOS GERAIS DE COMO SÃO TRABALHADAS
6 Valorizar a diversidade de saberes e vivências culturais e apropriar-se de conhecimentos e experiências que lhe possibilitem entender as relações próprias do mundo do trabalho e fazer escolhas alinhadas ao exercício da cidadania e ao seu projeto de vida, com liberdade, autonomia, consciência crítica e responsabilidade.	Os tópicos *Evidências científicas do formato da Terra* (p. 16) e *Diferentes escalas de tempo* (p. 40) proporcionam um momento de contato com diferentes culturas por meio da análise de como diferentes povos organizavam o tempo em escalas, em especial calendários, ao longo da história.
7 Argumentar com base em fatos, dados e informações confiáveis, para formular, negociar e defender ideias, pontos de vista e decisões comuns que respeitem e promovam os direitos humanos, a consciência socioambiental e o consumo responsável em âmbito local, regional e global, com posicionamento ético em relação ao cuidado de si mesmo, dos outros e do planeta.	Ao longo do volume, são reservados momentos, em especial em itens da seção *#Atividades* e do boxe *#Para refletir*, para exercício da argumentação baseada em fatos, dados e informações confiáveis, geralmente por meio da promoção de pesquisas e coleta de dados. Parte das atividades propostas, ainda, mobiliza a avaliação de questões ambientais e a proposição de soluções nos níveis individual e coletivo.
8 Conhecer-se, apreciar-se e cuidar de sua saúde física e emocional, compreendendo-se na diversidade humana e reconhecendo suas emoções e as dos outros, com autocrítica e capacidade para lidar com elas.	Ao abordar questões relativas à saúde, em especial a respeito do uso de substâncias psicoativas, o cuidado com a saúde física e emocional é estimulado.
9 Exercitar a empatia, o diálogo, a resolução de conflitos e a cooperação, fazendo-se respeitar e promovendo o respeito ao outro e aos direitos humanos, com acolhimento e valorização da diversidade de indivíduos e de grupos sociais, seus saberes, identidades, culturas e potencialidades, sem preconceitos de qualquer natureza.	A empatia, o diálogo, a resolução de conflitos e a cooperação são estimulados ao longo do tópico *As aparências podem enganar* (p. 11), durante a proposição de atividades de debate e de estratégias de resolução de problemas. São estimulados, também, em atividades que propõem a análise de situações que envolvem questões socioambientais e relativas aos direitos humanos.
10 Agir pessoal e coletivamente com autonomia, responsabilidade, flexibilidade, resiliência e determinação, tomando decisões com base em princípios éticos, democráticos, inclusivos, sustentáveis e solidários.	Ao abordar questões relativas à saúde, em especial a respeito do uso de substâncias psicoativas, e propor a análise de situações que envolvem questões socioambientais e relativas aos direitos humanos, atitudes pessoal e coletivamente responsáveis são estimuladas.

Ground Picture/Shutterstock

A valorização dos saberes e o exercício da empatia e do diálogo são fundamentais para a prática da cidadania.

Competências específicas

COMPETÊNCIAS ESPECÍFICAS	EXEMPLOS GERAIS DE COMO SÃO TRABALHADAS
1 Compreender as Ciências da Natureza como empreendimento humano, e o conhecimento científico como provisório, cultural e histórico.	A abordagem do capítulo *A aparência da Terra* mobiliza conhecimentos historicamente construídos sobre o mundo físico para auxiliar os estudantes a elaborar argumentos a respeito do formato do planeta Terra, principalmente ao listar evidências e conclusões que foram apreendidas pela humanidade ao longo da história.
2 Compreender conceitos fundamentais e estruturas explicativas das Ciências da Natureza, bem como dominar processos, práticas e procedimentos da investigação científica, de modo a sentir segurança no debate de questões científicas, tecnológicas, socioambientais e do mundo do trabalho, continuar aprendendo e colaborar para a construção de uma sociedade justa, democrática e inclusiva.	Ao longo do volume, as atividades propostas na seção *#Experimentar*, dispondo de estratégias diversificadas conforme o objeto do conhecimento mobilizado, oferecem momentos de prática de processos relativos à investigação científica. Além disso, alguns itens da seção *#Atividades*, assim como algumas ocorrências dos boxes *#Para refletir*, propõem reflexões e/ou investigações, em geral articuladas com situações que envolvem pesquisa, argumentação e produção de material de divulgação.
3 Analisar, compreender e explicar características, fenômenos e processos relativos ao mundo natural, social e tecnológico (incluindo o digital), como também as relações que se estabelecem entre eles, exercitando a curiosidade para fazer perguntas, buscar respostas e criar soluções (inclusive tecnológicas) com base nos conhecimentos das Ciências da Natureza.	A abordagem do capítulo *A aparência da Terra* e *A Terra e o Sol* possibilita aos estudantes analisar, compreender e explicar características e fenômenos relativos ao mundo social por meio do exercício da curiosidade, da observação, do diálogo e da investigação.
4 Avaliar aplicações e implicações políticas, socioambientais e culturais da ciência e de suas tecnologias para propor alternativas aos desafios do mundo contemporâneo, incluindo aqueles relativos ao mundo do trabalho.	Ao longo do volume, são reservados momentos, em especial em itens da seção *#Atividades* e do boxe *#Para refletir*, para a avaliação de questões ambientais e a proposição de soluções nos níveis individual e coletivo. A abordagem do capítulo *Materiais: classificação e descarte*, em especial, estimula a constante avaliação de aplicações e implicações socioambientais do uso e do descarte de materiais, bem como dos desenvolvimentos científico e tecnológico para a produção desses materiais.
5 Construir argumentos com base em dados, evidências e informações confiáveis e negociar e defender ideias e pontos de vista que promovam a consciência socioambiental e o respeito a si próprio e ao outro, acolhendo e valorizando a diversidade de indivíduos e de grupos sociais, sem preconceitos de qualquer natureza.	Ao longo do volume, são reservados momentos, em especial em itens da seção *#Atividades* e do boxe *#Para refletir*, por meio partir da promoção de pesquisas e coleta de dados. Parte das atividades propostas, ainda, mobiliza a avaliação de questões ambientais e a proposição de soluções nos níveis individual e coletivo.
6 Utilizar diferentes linguagens e tecnologias digitais de informação e comunicação para se comunicar, acessar e disseminar informações, produzir conhecimentos e resolver problemas das Ciências da Natureza de forma crítica, significativa, reflexiva e ética.	Ao longo do volume, são reservados momentos, em especial em itens da seção *#Atividades* e em uma ocorrência do boxe *#Para refletir* (p. 188), de produção de material de divulgação científica utilizando diferentes linguagens como finalização de situações que envolvam pesquisa e argumentação.
7 Conhecer, apreciar e cuidar de si, do seu corpo e bem-estar, compreendendo-se na diversidade humana, fazendo-se respeitar e respeitando o outro, recorrendo aos conhecimentos das Ciências da Natureza e às suas tecnologias.	Ao abordar questões relativas à saúde, em especial a respeito do uso de substâncias psicoativas, o cuidado à saúde física e emocional é estimulado.
8 Agir pessoal e coletivamente com respeito, autonomia, responsabilidade, flexibilidade, resiliência e determinação, recorrendo aos conhecimentos das Ciências da Natureza para tomar decisões frente a questões científico-tecnológicas e socioambientais e a respeito da saúde individual e coletiva, com base em princípios éticos, democráticos, sustentáveis e solidários.	Ao abordar questões relativas à saúde, em especial a respeito do uso de substâncias psicoativas, e propor a análise de situações que envolvem questões socioambientais e relativas aos direitos humanos, atitudes pessoal e coletivamente responsáveis são estimuladas.

Habilidades

HABILIDADES	EXEMPLOS GERAIS DE COMO SÃO TRABALHADAS
EF06CI01 Classificar como homogênea ou heterogênea a mistura de dois ou mais materiais (água e sal, água e óleo, água e areia etc.).	Os tópicos *Classificando as misturas* e *Quando as misturas são um problema* propõem a classificação de misturas em homogênea e heterogênea por meio de exemplos do cotidiano, em especial aqueles ligados ao descarte de materiais e à preservação do ambiente. A seção *#Experimentar* do capítulo *As misturas ao nosso redor* favorece um momento de classificação de misturas simples de serem preparadas, enquanto as atividades do mesmo capítulo propõem a análise e a argumentação acerca dos temas estudados.
EF06CI02 Identificar evidências de transformações químicas a partir do resultado de misturas de materiais que originam produtos diferentes dos que foram misturados (mistura de ingredientes para fazer um bolo, mistura de vinagre com bicarbonato de sódio etc.).	O capítulo *As transformações da matéria*, como um todo, apresenta, por meio de exemplos do cotidiano, as principais evidências de ocorrência de transformações químicas, evidenciando que essas transformações podem ser observadas pela alteração das propriedades dos materiais. Nesse contexto, o capítulo propõe duas práticas na seção *#Experimentar* para a investigação de transformações químicas comuns, que são a formação de ferrugem e a fermentação de uma massa de pão. Além disso, as atividades do capítulo propõem a análise e a argumentação acerca dos temas estudados.
EF06CI03 Selecionar métodos mais adequados para a separação de diferentes sistemas heterogêneos a partir da identificação de processos de separação de materiais (como a produção de sal de cozinha, a destilação de petróleo, entre outros).	O tópico *Separando as misturas* apresenta, por meio de exemplos do cotidiano, métodos de separação de misturas com base em suas propriedades. As atividades do capítulo *As misturas ao nosso redor* propõem a análise e a argumentação acerca dos temas estudados.
EF06CI04 Associar a produção de medicamentos e outros materiais sintéticos ao desenvolvimento científico e tecnológico, reconhecendo benefícios e avaliando impactos socioambientais.	Os tópicos *Impactos do descarte incorreto de plásticos* e *Outra categoria de materiais: os medicamentos* propõem uma análise de como os materiais são utilizados e modificados para atender às demandas dos seres humanos e como, durante esse processo, tanto o desenvolvimento da ciência quanto o da tecnologia favorecem o aperfeiçoamento ou a criação de novos materiais quanto às necessidades de modificações nos materiais impulsionam esse desenvolvimento. As atividades do capítulo *Materiais: classificação e descarte* propõem a análise e a argumentação acerca dos temas estudados, com destaque para a atividade disponível na página 200, que promove a investigação da produção de diferentes tipos de material.
EF06CI05 Explicar a organização básica das células e seu papel como unidade estrutural e funcional dos seres vivos.	Os tópicos *As células* e *Características dos seres vivos* apresentam, principalmente por meio de representações gráficas, a organização básica de diferentes tipos de células e seu papel no balanço energético, na capacidade de reprodução, no ciclo de vida e na reação a estímulos dos seres vivos. A seção *#Experimentar* do capítulo *Das células aos organismos* ainda possibilita a observação das células de uma cebola e a construção de um modelo celular em três dimensões, enquanto as atividades do mesmo capítulo propõem a análise e a argumentação acerca dos temas estudados.
EF06CI06 Concluir, com base na análise de ilustrações e/ou modelos (físicos ou digitais), que os organismos são um complexo arranjo de sistemas com diferentes níveis de organização.	Os tópicos *Níveis de organização dos seres vivos* e *Organização do corpo humano* apresentam, principalmente por meio de representações gráficas, a organização básica dos sistemas que compõem o organismo dos seres vivos, em especial, dos seres humanos. A seção *#Experimentar* do capítulo *Das células aos organismos* ainda possibilita a construção de um modelo celular em três dimensões, enquanto as atividades do mesmo capítulo propõem a análise e a argumentação acerca dos temas estudados.
EF06CI07 Justificar o papel do sistema nervoso na coordenação das ações motoras e sensoriais do corpo, com base na análise de suas estruturas básicas e respectivas funções.	Os tópicos *As células do sistema nervoso* e *Sistema nervoso* apresentam as principais partes do sistema nervoso, destacando seu funcionamento. Além disso, exploram questões como saúde e segurança, em especial, segurança no trânsito. As atividades do capítulo *Sistema nervoso e suas integrações* propõem a análise e a argumentação acerca dos temas estudados. O capítulo *Os sentidos*, em sua totalidade, relaciona as ações sensoriais do corpo humano com o funcionamento do corpo humano e aborda questões relativas à saúde. As atividades da seção *#Experimentar*, em especial, propõem investigações acerca de dois sentidos: a olfação e a gustação. Já a seção *#Atividades* propõe a análise e a argumentação acerca dos temas estudados.

HABILIDADES	EXEMPLOS GERAIS DE COMO SÃO TRABALHADAS
EF06CI08 Explicar a importância da visão (captação e interpretação das imagens) na interação do organismo com o meio e, com base no funcionamento do olho humano, selecionar lentes adequadas para a correção de diferentes defeitos da visão.	Os tópicos *Os sentidos e os seres humanos* e *Visão* exploram a importância da visão para a interação do organismo humano com o meio, analisando questões de saúde, como a necessidade de uso de lentes corretivas. As atividades do capítulo *Os sentidos*, ainda, propõem a análise e a argumentação acerca dos temas estudados.
EF06CI09 Deduzir que a estrutura, a sustentação e a movimentação dos animais resultam da interação entre os sistemas muscular, ósseo e nervoso.	Os tópicos *Sistema esquelético* e *Sistema muscular* apresentam as principais partes dos respectivos sistemas, destacando seu funcionamento e a interação entre eles. Já o tópico *A saúde dos sistemas esquelético e muscular* explora questões como saúde e acessibilidade. A seção *#Experimentar* do capítulo *Locomoção humana* propõe a construção de um modelo articulado de uma mão para aprofundar a compreensão da importância de articulações, ligamentos, músculos e ossos para os movimentos dos dedos. As atividades propõem a análise e a argumentação dos temas estudados.
EF06CI10 Explicar como o funcionamento do sistema nervoso pode ser afetado por substâncias psicoativas.	O capítulo *Efeito das drogas no sistema nervoso* aborda como diferentes substâncias psicoativas afetam o sistema nervoso, propondo reflexões acerca do consumo consciente de drogas legalizadas, como medicamentos, e dos impactos físicos e psicológicos do abuso de drogas. As atividades propõem a análise e a argumentação dos temas estudados.
EF06CI11 Identificar as diferentes camadas que estruturam o planeta Terra (da estrutura interna à atmosfera) e suas principais características.	Os tópicos *A atmosfera*, *Camadas da atmosfera* e *O interior da Terra* apresentam as principais camadas do planeta Terra em uma abordagem contextualizada, com base em fenômenos naturais e exemplos do cotidiano. A seção *#Experimentar* do capítulo *A estrutura do planeta Terra* propõe a confecção de um modelo físico das principais camadas do planeta, de modo a possibilitar a observação em três dimensões. As atividades propõem a análise e a argumentação dos temas estudados. Os tópicos *A crosta terrestre na história da Terra*, *Os seres vivos moldam a crosta terrestre*, *Como o solo se forma*, *A água e os seres vivos* e *Vida: interação com o ambiente* aprofundam as características da crosta terrestre, relacionando-as à interação com os seres vivos, em especial, os seres humanos, pelo uso do solo e da água. As atividades dos capítulos citados propõem a análise e a argumentação dos temas estudados.
EF06CI12 Identificar diferentes tipos de rocha, relacionando a formação de fósseis a rochas sedimentares em diferentes períodos geológicos.	O tópico *Rochas e minerais* apresenta diferentes tipos de rocha (magmáticas, metamórficas e sedimentares), comentando o processo de formação de cada um deles e apresentando exemplos. Ao abordar as rochas sedimentares, o tópico também descreve o processo de fossilização. As atividades do capítulo *A estrutura do planeta Terra*, ainda, propõem a análise e a argumentação dos temas estudados.
EF06CI13 Selecionar argumentos e evidências que demonstrem a esfericidade da Terra.	O capítulo *A aparência da Terra* conduz um processo investigativo das principais evidências que demonstram a esfericidade da Terra. Em sua abertura, apresenta, como mote, uma história em quadrinhos a respeito da observação do horizonte e do questionamento acerca do formato da Terra. O tópico *As aparências podem enganar* apresenta a análise da situação proposta na história em quadrinhos, de forma a verificar sua aplicabilidade no levantamento de evidências científicas. Em seguida, o tópico *Evidências científicas do formato da Terra* propõe a análise de diferentes argumentos e evidências que demonstram o formato esférico da Terra, como sombras diferentes em lugares diferentes, ocorrência da circum-navegação, observação dos astros no céu e fotografias da Terra feitas pelas missões espaciais. As análises propostas nesse tópico são permeadas por experimentos de análise de curvatura e de projeção de sombras e por atividades de análise e argumentação.
EF06CI14 Inferir que as mudanças na sombra de uma vara (gnômon) ao longo do dia em diferentes períodos do ano são uma evidência dos movimentos relativos entre a Terra e o Sol, que podem ser explicados por meio dos movimentos de rotação e translação da Terra e da inclinação de seu eixo de rotação em relação ao plano de sua órbita em torno do Sol.	O tópico *Movimento da Terra e a marcação do tempo* conduz à observação da projeção de sombras de árvores e gnômons por meio da percepção da passagem do tempo (dias e meses), correlacionando esses fatos com os movimentos relativos entre a Terra e o Sol e evidenciando a ocorrência dos movimentos de rotação e translação da Terra e a inclinação do eixo de rotação da Terra em relação ao plano da sua órbita. A seção *#Experimentar* do capítulo *A Terra e o Sol* permite a observação da projeção de sombra por um gnômon em tempo real por meio da construção de um relógio de sol. As atividades permitem a análise e a argumentação dos temas estudados.

Proposta de planejamento e cronograma para utilizar o volume

A seguir, apresentamos uma sugestão de cronograma, com organização por aula, bimestre, trimestre ou semestre.

Vale ressaltar que esse cronograma é uma sugestão, podendo ser alterado da maneira mais adequada à sua realidade escolar.

SITUAÇÕES DE ORGANIZAÇÃO			PARTE DO VOLUME		TEMPO ESTIMADO
1º semestre	1º trimestre	1º bimestre	Unidade 1	Abertura de unidade e Capítulo 1	2 semanas
				Capítulo 2	2 semanas
				Capítulo 3	2 semanas
				Capítulo 4	3 semanas
			Período para ajuste no planejamento (1 semana)		
	2º trimestre	2º bimestre	Unidade 2	Abertura de unidade e Capítulo 5	3 semanas
				Capítulo 6	3 semanas
				Capítulo 7	3 semanas
			Período para ajuste no planejamento (1 semana)		
2º semestre	3º trimestre	3º bimestre	Unidade 3	Abertura de unidade e Capítulo 8	3 semanas
				Capítulo 9	3 semanas
				Capítulo 10	3 semanas
			Período para ajuste no planejamento (1 semana)		
		4º bimestre	Unidade 4	Abertura de unidade e Capítulo 11	3 semanas
				Capítulo 12	3 semanas
				Capítulo 13	3 semanas
			Período para ajuste no planejamento (1 semana)		
TOTAL ANUAL			40 semanas letivas		

Volume 7

A primeira unidade do Volume 7 é *A energia e a vida na Terra*, que contempla a unidade temática "Matéria e energia" da BNCC. O Capítulo 1 aborda a energia e sua presença em diferentes contextos históricos. No segundo capítulo, a energia interna e sua relação com a temperatura e o calor – processo de transferência de energia quando há diferença de temperatura entre os corpos – são estudadas. Fechando a unidade, o capítulo *Máquinas térmicas* enfoca o funcionamento desses dispositivos e suas implicações científicas, sociais, tecnológicas e ambientais.

A segunda unidade enfoca a unidade temática "Terra e Universo" da BNCC e inicia as explicações pelo modelo das placas tectônicas e de fenômenos naturais, como terremotos e *tsunamis*. No quinto capítulo, os vulcões e os ventos são objeto de estudo. No sexto e último capítulo da unidade, o ar, a atmosfera e as condições para a vida são abordados. A terceira unidade traz elementos para a discussão de como percebemos o mundo, também na unidade temática "Vida e evolução". O primeiro assunto, no Capítulo 8, é o sistema nervoso e suas integrações. Na sequência, o Capítulo 9 trata dos sentidos e de suas relações com o sistema nervoso. Fechando a unidade, o Capítulo 10 aborda o efeito das drogas no sistema nervoso.

A terceira unidade, *Diversidade de vida na Terra*, da unidade temática "Vida e evolução", começa tratando da diversidade dos seres vivos no Capítulo 7. O Capítulo 8 trata das plantas e o Capítulo 9, dos animais, discutindo a importância ecológica desses seres vivos e seus papéis nas teias alimentares. No Capítulo 10, os biomas brasileiros são caracterizados e as principais ameaças a eles são comentadas.

Finalizando o Volume 7, a unidade *Meio ambiente e saúde* se insere na unidade temática "Vida e evolução" da BNCC. O Capítulo 11 estuda as alterações ambientais e a qualidade de vida, dando continuidade à abordagem de como os impactos ambientais ameaçam ecossistemas e espécies no Brasil. O Capítulo 12 trata do ambiente, de doenças e defesas do corpo humano e reconhece, entre outros fatores, a importância da preservação ambiental e da vacinação para a saúde pública. O último capítulo, *Políticas públicas para a saúde*, debate o saneamento básico, o tratamento de resíduos e o acesso a esportes e lazer para o bem-estar e a saúde das pessoas.

Sumário

UNIDADE 1 – A energia e a vida na Terra 8

CAPÍTULO 1 – A energia e as máquinas 10

#O fogo como fonte de energia 11
#O ser humano e a energia 14
#Atividades 20
#Máquinas simples 22
#Experimentar 31
#Máquinas simples 32
#Atividades 34

CAPÍTULO 2 – Temperatura e calor 36

#Temperatura e energia 37
#Calor 39
#Sensação térmica 41
#Experimentar 42
#Propagação de calor 44
#Atividades 52

CAPÍTULO 3 – Máquinas térmicas 54

#O surgimento das máquinas térmicas 55
#O funcionamento das máquinas térmicas 59
#Atividades 64
#Mural de ideias 65

UNIDADE 2 – O planeta não para 66

CAPÍTULO 4 – Continentes em movimento 68

#Placas tectônicas 69
#Deriva continental e tectônica de placas 70
#Costas sul-americana e africana 72
#Experimentar 74
#Formação de cadeias de montanhas 75
#Terremotos 77
#Atividades 83

CAPÍTULO 5 – Ventos e vulcões 85

#Vulcões 86
#Atividades 89
#Ventos e o ambiente 95
#Atividades 101

CAPÍTULO 6 – O ar, a atmosfera e as condições para a vida 103

#A composição do ar 104
#Os poluentes atmosféricos 108
#Os poluentes atmosféricos e as mudanças climáticas 112
#Atividades 126
#Mural de ideias 127

UNIDADE 3 – Diversidade de vida na Terra 128

CAPÍTULO 7 – Diversidade de seres vivos 130

#Os seres vivos 131
#Vírus 135
#Atividades 139
#Bactérias 140
#Reino dos protistas 144
#Reino dos fungos 148
#Experimentar 152
#Atividades 153

CAPÍTULO 8 – As plantas 155

#Características gerais das plantas 156
#Os grupos de plantas 160
#Partes de uma angiosperma 163
#Experimentar 170
#Atividades 171

CAPÍTULO 9 – Os animais 173

#Características gerais dos animais 174
#Animais invertebrados 175
#Atividades 186
#Animais vertebrados 188
#Atividades 193

CAPÍTULO 10 – Biomas brasileiros 195

#Biomas brasileiros 196
#Sistema costeiro-marinho do Brasil 213
#Os habitantes da Floresta Amazônica 216
#Atividades 218
#Mural de ideias 221

UNIDADE 4 – Meio ambiente e saúde 222

CAPÍTULO 11 – Alterações ambientais e qualidade de vida 224

#Fenômenos naturais e alterações nos ambientes 225
#Ação humana e impactos ambientais 227
#Atividades 239

CAPÍTULO 12 – Ambiente, doenças e defesas do nosso corpo 242

#Doenças relacionadas com a degradação ambiental 243
#Atividades 251
#Defesas do corpo humano 252
#Atividades 257

CAPÍTULO 13 – Políticas públicas para a saúde 259

#Políticas públicas e saneamento básico 260
#Estação de tratamento de esgoto 264
#Políticas públicas e bem-estar 269
#Qualidade de vida e tecnologia 272
#Materiais biodegradáveis 274
#Atividades 276
#Mural de ideias 278

Competências gerais e específicas 279

Habilidades 279

Referências bibliográficas comentadas 280

Fernando Lessa/Alamy/Fotoarena

O ser humano sempre teve uma relação de dependência com o meio ambiente, fundamental para sua sobrevivência ao longo da história. Entretanto, é necessário reconsiderar o impacto ambiental que as ações humanas têm provocado e desenvolver uma postura mais ética, harmoniosa e respeitosa com a natureza.

Justificativa e pertinência do volume

Na primeira unidade, os objetivos versam sobre a relação entre energia e alimentação; a diferenciação de calor, temperatura e sensação térmica; e a interação entre as máquinas térmicas e o ambiente. A relevância desses objetivos está na compreensão da energia – conceito utilizado no decorrer dos estudos do Ensino Fundamental – e na importância do tema para a sociedade, visto que o contexto da Revolução Industrial que perpassa a unidade gerou novas formas de produção econômica, novas relações sociais e tecnologias e novos conhecimentos científicos e a interlocução dessas diversas áreas contribui para uma formação humana integral. A justificativa para a escolha dos objetivos está no potencial de permitir o desenvolvimento de habilidades e competências dos estudantes, proporcionar reflexões sobre a natureza da ciência e as relações CTS, e valorizar o conhecimento científico historicamente sistematizado.

Na segunda unidade, o foco está nos movimentos do planeta, abordando-se objetivos, como: a compreensão do modelo de placas tectônicas e sua relação com fenômenos naturais, como *tsunamis* e terremotos; a compreensão da relação entre calor, massas de ar e ventos; e a avaliação dos reflexos da ação humana na intensificação do efeito estufa. De modo similar à unidade anterior, os objetivos se justificam por permitirem a apreensão do conhecimento científico historicamente construído e sistematizado, a compreensão da natureza da ciência e de suas relações com a tecnologia e o ambiente e o desenvolvimento de competências e habilidades da BNCC. A pertinência decorre da compreensão do mundo natural e dos impactos ambientais causados pela ação humana, inclusive para se poder propor soluções que minimizem esses impactos.

A terceira unidade versa sobre a diversidade de vida na Terra, com objetivos sobre o conhecimento de vírus e viroses, a identificação dos principais grupos de plantas, a compreensão da importância ecológica dos grupos de animais e a caracterização dos biomas brasileiros em relação ao solo, ao clima, à vegetação predominante e a outros fatores. Esses objetivos são pertinentes por permitirem aos estudantes a compreensão do mundo natural e a tomada de decisão embasada sobre a preservação dos biomas brasileiros. Dentro da proposta teórico-metodológica da obra, justificam-se por valorizarem o conhecimento científico e estabelecerem relações entre ciência, tecnologia e sociedade.

A unidade final trata do meio ambiente e da saúde, com a identificação de alguns fenômenos naturais e como eles podem afetar os ecossistemas, o reconhecimento da importância da vacinação para a saúde pública e da tecnologia para a qualidade de vida. Novamente, a valorização do conhecimento historicamente construído e sistematizado é justificativa para tais objetivos, com sua pertinência sendo dada pelo combate a posturas negacionistas em relação à ciência e no posicionamento em questões e políticas públicas ambientais e sanitárias da sociedade. Também as relações CTS e o desenvolvimento de competências e habilidades dos estudantes são possibilitadas pelos objetivos, justificando-se, assim, sua inserção na obra, com pertinência dada também pela ACT almejada.

Objetivos

UNIDADE 1 – A ENERGIA E A VIDA NA TERRA	OBJETIVOS
Capítulo 1 – A energia e as máquinas	• Relacionar energia e alimentação. • Compreender o desenvolvimento da humanidade atrelado à energia. • Compreender o funcionamento das máquinas simples. • Reconhecer mudanças sociais, econômicas e culturais relacionadas à ciência e à tecnologia.
Capítulo 2 – Temperatura e calor	• Diferenciar temperatura, calor e sensação térmica. • Conhecer formas de propagação de calor e suas aplicações.
Capítulo 3 – Máquinas térmicas	• Conhecer o funcionamento das máquinas térmicas. • Descrever interações entre as máquinas térmicas e o ambiente. • Compreender relações entre ciência, tecnologia e sociedade no contexto da Revolução Industrial.

UNIDADE 2 – O PLANETA NÃO PARA	OBJETIVOS
Capítulo 4 – Continentes em movimento	• Compreender o modelo das placas tectônicas e sua relação com fenômenos naturais, como *tsunamis* e terremotos. • Comparar o formato das costas da América do Sul e da África, considerando a teoria da deriva dos continentes e a da tectônica de placas. • Compreender como são gerados os terremotos e os *tsunamis*. • Debater a ocorrência de terremotos e *tsunamis* no Brasil.
Capítulo 5 – Ventos e vulcões	• Relacionar as placas tectônicas à formação de vulcões e à ocorrência de erupções vulcânicas. • Compreender a relação entre calor e atividade vulcânica. • Analisar por que no Brasil não há atividade vulcânica. • Compreender a relação entre calor, massas de ar e ventos.
Capítulo 6 – O ar, a atmosfera e as condições para a vida	• Reconhecer as substâncias que compõem o ar atmosférico. • Propor ações individuais e coletivas para a preservação da camada de ozônio. • Avaliar os reflexos da ação humana na intensificação do efeito estufa, pensando em soluções que minimizem os impactos ambientais associados a esse quadro.
UNIDADE 3 – DIVERSIDADE DE VIDA NA TERRA	**OBJETIVOS**
Capítulo 7 – Diversidade de seres vivos	• Compreender a teoria da evolução química na origem da vida na Terra. • Compreender como é realizada a classificação dos seres vivos. • Conhecer os vírus e as viroses. • Reconhecer e caracterizar os organismos pertencentes aos reinos Monera, Protista e Fungi.
Capítulo 8 – As plantas	• Compreender a importância da fotossíntese para a vida no planeta. • Reconhecer a importância das plantas nas teias alimentares. • Identificar os principais grupos de plantas, suas características gerais e alguns de seus representantes. • Reconhecer as principais partes de uma angiosperma e suas respectivas funções.
Capítulo 9 – Os animais	• Diferenciar animais invertebrados de animais vertebrados. • Reconhecer os principais grupos de animais invertebrados e vertebrados e alguns de seus representantes. • Compreender a importância ecológica dos grupos de animais apresentados.
Capítulo 10 – Biomas brasileiros	• Caracterizar os biomas brasileiros em relação ao solo, ao clima, à vegetação predominante e a outros fatores. • Identificar representantes da fauna e da flora características de cada bioma brasileiro. • Compreender a importância de preservar a fauna e a flora de cada bioma apresentado. • Reconhecer as principais ameaças à integridade dos biomas brasileiros. • Conhecer três ecossistemas que compõem o sistema costeiro-marinho do Brasil.

UNIDADE 4 – MEIO AMBIENTE E SAÚDE	OBJETIVOS
Capítulo 11 – Alterações ambientais e qualidade de vida	• Identificar alguns fenômenos naturais e como eles podem afetar os ecossistemas. • Reconhecer impactos ambientais que ameaçam ecossistemas e espécies no Brasil. • Compreender como determinadas ações humanas causam ou intensificam problemas ambientais.
Capítulo 12 – Ambiente, doenças e defesas do nosso corpo	• Compreender que a poluição e outras formas de degradação dos ambientes comprometem a saúde humana. • Identificar as principais doenças humanas relacionadas a problemas ambientais. • Reconhecer a importância da vacinação para a saúde pública. • Compreender como as vacinas agem no organismo.
Capítulo 13 – Políticas públicas para a saúde	• Identificar que o saneamento básico faz parte das políticas públicas. • Reconhecer a importância do tratamento da água e do esgoto para a saúde pública. • Compreender que o tratamento dos resíduos sólidos é necessário para garantir a saúde humana e preservar os ambientes. • Compreender que o acesso a esportes e lazer contribui para o bem-estar e, portanto, para a saúde das pessoas. • Reconhecer a importância da tecnologia para a qualidade de vida.

Ann Rodchua/Shutterstock

A vacinação é um ato de prevenção individual importante para promover a saúde coletiva.

Caderno da BNCC para o(a) professor(a): competências e habilidades da BNCC

A seguir, identificamos todas as competências gerais, as competências específicas e as habilidades da BNCC trabalhadas no volume. Além disso, apresentamos alguns exemplos de como e em quais momentos esse trabalho ocorre. Já nas *Orientações didáticas* da reprodução do Livro do Estudante, apresentamos de forma mais detalhada o trabalho com as competências e as habilidades, página a página.

Competências gerais

COMPETÊNCIAS GERAIS	EXEMPLOS GERAIS DE COMO SÃO TRABALHADAS
1 Valorizar e utilizar os conhecimentos historicamente construídos sobre o mundo físico, social, cultural e digital para entender e explicar a realidade, continuar aprendendo e colaborar para a construção de uma sociedade justa, democrática e inclusiva.	A abordagem dos itens destacados permite aos estudantes mobilizar conhecimentos historicamente construídos sobre o mundo físico para compreender os fenômenos relacionados à energia, em especial no que tange ao uso de máquinas simples e térmicas, e à diversidade dos seres vivos, conclusões que foram apreendidas pela humanidade ao longo da história.
2 Exercitar a curiosidade intelectual e recorrer à abordagem própria das ciências, incluindo a investigação, a reflexão, a análise crítica, a imaginação e a criatividade, para investigar causas, elaborar e testar hipóteses, formular e resolver problemas e criar soluções (inclusive tecnológicas) com base nos conhecimentos das diferentes áreas.	Ao longo do volume, as atividades propostas, principalmente, na seção *#Experimentar* e nos boxes *#Para refletir*, dispondo de estratégias diversificadas conforme o objeto do conhecimento mobilizado, oferecem momentos de exercício da curiosidade intelectual e de prática da abordagem própria das Ciências.
3 Valorizar e fruir as diversas manifestações artísticas e culturais, das locais às mundiais, e também participar de práticas diversificadas da produção artístico-cultural.	No Capítulo 1, quadros de Heinrich Füger e Tarsila do Amaral são apresentados para a discussão do fogo como fonte de energia, de modo a promover a valorização e a fruição dessas obras e manifestações artísticas e culturais. Nas atividades, as pirâmides egípcias e os moais da ilha de Páscoa complementam e expandem a abordagem sobre o Stonehenge brasileiro no debate sobre suas construções e seus papéis culturais e científicos. No Capítulo 3, o surgimento das máquinas térmicas é contextualizado pela obra artística de Elizabeth Thompson.
4 Utilizar diferentes linguagens – verbal (oral ou visual-motora, como Libras, e escrita), corporal, visual, sonora e digital –, bem como conhecimentos das linguagens artística, matemática e científica, para se expressar e partilhar informações, experiências, ideias e sentimentos em diferentes contextos e produzir sentidos que levem ao entendimento mútuo.	Ao longo do volume, são reservados momentos, em especial em itens da seção *#Atividades*, de produção de material de divulgação e de sistematização de ideias e conceitos, utilizando diferentes linguagens.
5 Compreender, utilizar e criar tecnologias digitais de informação e comunicação de forma crítica, significativa, reflexiva e ética nas diversas práticas sociais (incluindo as escolares) para se comunicar, acessar e disseminar informações, produzir conhecimentos, resolver problemas e exercer protagonismo e autoria na vida pessoal e coletiva.	Nas atividades dos Capítulos 1, 2, 3 e 10, as tecnologias digitais de informação e comunicação são utilizadas para a produção de conhecimento, bem como para a comunicação, o acesso a informações e a disseminação delas.

COMPETÊNCIAS GERAIS	EXEMPLOS GERAIS DE COMO SÃO TRABALHADAS
6 Valorizar a diversidade de saberes e vivências culturais e apropriar-se de conhecimentos e experiências que lhe possibilitem entender as relações próprias do mundo do trabalho e fazer escolhas alinhadas ao exercício da cidadania e ao seu projeto de vida, com liberdade, autonomia, consciência crítica e responsabilidade.	No Capítulo 1, além de citações sobre os pescadores bororos e os povos nativos que construíram o Stonehenge brasileiro, o tópico *A energia, a tração animal e as ferramentas* leva os estudantes a refletir e se apropriarem de conhecimentos acerca de mudanças nas relações sociais de trabalho, implicações éticas e econômicas do uso de animais em atividades produtivas, do gasto energético de trabalhadores de diferentes ocupações, do consumo energético médio ao longo de diferentes momentos da história e de impactos produzidos pela Revolução Industrial e pelos carros, entre outros, no ambiente e na organização do trabalho.
7 Argumentar com base em fatos, dados e informações confiáveis, para formular, negociar e defender ideias, pontos de vista e decisões comuns que respeitem e promovam os direitos humanos, a consciência socioambiental e o consumo responsável em âmbito local, regional e global, com posicionamento ético em relação ao cuidado de si mesmo, dos outros e do planeta.	Ao longo do volume, são reservados momentos, em especial em itens da seção *#Atividades* e dos boxes *#Para refletir*, para exercício da argumentação baseada em fatos, dados e informações confiáveis, com grande enfoque na avaliação de aplicações e implicações socioambientais da ciência e de suas tecnologias.
9 Exercitar a empatia, o diálogo, a resolução de conflitos e a cooperação, fazendo-se respeitar e promovendo o respeito ao outro e aos direitos humanos, com acolhimento e valorização da diversidade de indivíduos e de grupos sociais, seus saberes, identidades, culturas e potencialidades, sem preconceitos de qualquer natureza.	Ao propor o debate sobre o uso de animais de tração no Capítulo 1, os estudantes são levados a se colocar no lugar do outro, exercitando a empatia, e a contribuir com a resolução de conflitos levando em conta as diferenças entre grupos sociais. No debate acerca do *bullying* digital, no Capítulo 13, o exercício do diálogo, da empatia, da resolução de conflitos, da promoção ao respeito ao outro e aos direitos humanos é estimulado.
10 Agir pessoal e coletivamente com autonomia, responsabilidade, flexibilidade, resiliência e determinação, tomando decisões com base em princípios éticos, democráticos, inclusivos, sustentáveis e solidários.	Ao abordar questões relativas à saúde, em especial quanto à vacinação, atitudes pessoal e coletivamente responsáveis são estimuladas.

Andrey_Popov/Shutterstock

A valorização da diversidade de indivíduos, saberes e culturas é imprescindível na construção de uma sociedade mais justa, empática, ética, inclusiva e sustentável.

Competências específicas

COMPETÊNCIAS ESPECÍFICAS	EXEMPLOS GERAIS DE COMO SÃO TRABALHADAS
1 Compreender as Ciências da Natureza como empreendimento humano, e o conhecimento científico como provisório, cultural e histórico.	A abordagem dos itens destacados permite aos estudantes mobilizar conhecimentos historicamente construídos sobre o mundo físico para compreender os fenômenos relacionados à energia, em especial no que tange ao uso de máquinas simples e térmicas, e à diversidade dos seres vivos, conclusões que foram apreendidas pela humanidade ao longo da história.
2 Compreender conceitos fundamentais e estruturas explicativas das Ciências da Natureza, bem como dominar processos, práticas e procedimentos da investigação científica, de modo a sentir segurança no debate de questões científicas, tecnológicas, socioambientais e do mundo do trabalho, continuar aprendendo e colaborar para a construção de uma sociedade justa, democrática e inclusiva.	Ao longo do volume, as atividades propostas, principalmente na seção *#Experimentar* e nos boxes *#Para refletir*, dispondo de estratégias diversificadas conforme o objeto do conhecimento mobilizado, oferecem momentos de prática de processos relativos à investigação científica.
3 Analisar, compreender e explicar características, fenômenos e processos relativos ao mundo natural, social e tecnológico (incluindo o digital), como também as relações que se estabelecem entre eles, exercitando a curiosidade para fazer perguntas, buscar respostas e criar soluções (inclusive tecnológicas) com base nos conhecimentos das Ciências da Natureza.	Nos Capítulos 1, 2, 3 e 11, são exploradas relações entre o mundo natural, social e tecnológico por meio da análise, da compreensão e da explicação dos estudantes, com base nos conceitos científicos estudados.
4 Avaliar aplicações e implicações políticas, socioambientais e culturais da ciência e de suas tecnologias para propor alternativas aos desafios do mundo contemporâneo, incluindo aqueles relativos ao mundo do trabalho.	Ao longo do volume, são reservados momentos, em especial em itens da seção *#Atividades* e dos boxes *#Para refletir*, para exercício da argumentação baseada em fatos, dados e informações confiáveis, com grande enfoque na avaliação de aplicações e implicações socioambientais da ciência e de suas tecnologias.
5 Construir argumentos com base em dados, evidências e informações confiáveis e negociar e defender ideias e pontos de vista que promovam a consciência socioambiental e o respeito a si próprio e ao outro, acolhendo e valorizando a diversidade de indivíduos e de grupos sociais, sem preconceitos de qualquer natureza.	Ao longo do volume, são reservados momentos, em especial em itens do boxe *#Para refletir*, para exercício da argumentação baseada em fatos, dados e informações confiáveis.
6 Utilizar diferentes linguagens e tecnologias digitais de informação e comunicação para se comunicar, acessar e disseminar informações, produzir conhecimentos e resolver problemas das Ciências da Natureza de forma crítica, significativa, reflexiva e ética.	Ao longo do volume, são reservados momentos, em especial em itens da seção *#Atividades*, de produção de material de divulgação e de sistematização de ideias e conceitos utilizando diferentes linguagens.
8 Agir pessoal e coletivamente com respeito, autonomia, responsabilidade, flexibilidade, resiliência e determinação, recorrendo aos conhecimentos das Ciências da Natureza para tomar decisões frente a questões científico-tecnológicas e socioambientais e a respeito da saúde individual e coletiva, com base em princípios éticos, democráticos, sustentáveis e solidários.	Ao abordar questões relativas à saúde, em especial quanto à vacinação, atitudes pessoal e coletivamente responsáveis são estimuladas.

Habilidades

HABILIDADES	EXEMPLOS GERAIS DE COMO SÃO TRABALHADAS
EF07CI01 Discutir a aplicação, ao longo da história, das máquinas simples e propor soluções e invenções para a realização de tarefas mecânicas cotidianas.	O tópico *Máquinas simples* apresenta a aplicação das máquinas simples ao longo da história, enfatizando usos cotidianos, enquanto a atividade *#Experimentar* do capítulo *A energia e as máquinas* propõe a produção de um protótipo de máquina simples, e as atividades do capítulo, além de propor a análise e a argumentação acerca dos temas estudados, estimulam a proposição de aplicações das máquinas simples.
EF07CI02 Diferenciar temperatura, calor e sensação térmica nas diferentes situações de equilíbrio termodinâmico cotidianas.	O capítulo *Temperatura e calor*, em sua primeira parte, apresenta a diferenciação entre temperatura, calor e sensação térmica, expondo um breve panorama histórico do entendimento acerca do calor ao longo dos anos, dando exemplos do cotidiano e propondo uma atividade de investigação a respeito da sensação térmica. Além disso, as atividades do capítulo propõem a análise e a argumentação acerca dos temas estudados.
EF07CI03 Utilizar o conhecimento das formas de propagação do calor para justificar a utilização de determinados materiais (condutores e isolantes) na vida cotidiana, explicar o princípio de funcionamento de alguns equipamentos (garrafa térmica, coletor solar etc.) e/ou construir soluções tecnológicas a partir desse conhecimento.	O tópico *Propagação de calor* apresenta as formas de propagação de calor por meio de exemplos do cotidiano, apresentando também as aplicações de materiais bons ou maus condutores e de equipamentos ou soluções tecnológicas nesses contextos. As atividades do capítulo *Temperatura e calor*, além de propor a análise e a argumentação acerca dos temas estudados, estimulam a proposição de aplicações de materiais em situações que envolvem propagação de calor.
EF07CI04 Avaliar o papel do equilíbrio termodinâmico para a manutenção da vida na Terra, para o funcionamento de máquinas térmicas e em outras situações cotidianas.	O tópico *O ser humano e a energia* apresenta um panorama do balanço energético existente em diversas atividades humanas, abordando desde o consumo de alimentos até o uso de ferramentas para atividades essenciais, enquanto o boxe *#Integrando as Ciências* do capítulo *Máquinas térmicas* apresenta um panorama do balanço energético que se estabelece entre os seres vivos de um ecossistema por meio da alimentação. Além disso, as atividades dos capítulos *A energia e as máquinas* e *Máquinas térmicas* propõem a análise e a argumentação acerca dos temas estudados.
EF07CI05 Discutir o uso de diferentes tipos de combustível e máquinas térmicas ao longo do tempo, para avaliar avanços, questões econômicas e problemas socioambientais causados pela produção e uso desses materiais e máquinas.	O tópico *O surgimento das máquinas térmicas* apresenta um panorama histórico do uso de diferentes combustíveis e máquinas térmicas ao longo dos anos, tangenciando questões econômicas, políticas e socioambientais relacionadas aos desenvolvimentos dessas tecnologias, enquanto o tópico *O funcionamento das máquinas térmicas* apresenta como os diferentes combustíveis são empregados nessas máquinas. Além disso, as atividades do capítulo *Máquinas térmicas* propõem a análise e a argumentação acerca dos temas estudados.
EF07CI06 Discutir e avaliar mudanças econômicas, culturais e sociais, tanto na vida cotidiana quanto no mundo do trabalho, decorrentes do desenvolvimento de novos materiais e tecnologias (como automação e informatização).	Ao longo do capítulo *A energia e as máquinas* e do tópico *O surgimento das máquinas térmicas*, são apresentadas perspectivas socioculturais das mudanças que o desenvolvimento de novos materiais e novas tecnologias, em especial no que diz respeito ao uso de máquinas simples e de máquinas térmicas, trouxe para a vida cotidiana dos seres humanos. Além disso, as atividades dos capítulos *A energia e as máquinas* e *Máquinas térmicas* propõem a análise e a argumentação acerca dos temas estudados.

HABILIDADES	EXEMPLOS GERAIS DE COMO SÃO TRABALHADAS
EF07CI07 Caracterizar os principais ecossistemas brasileiros quanto à paisagem, à quantidade de água, ao tipo de solo, à disponibilidade de luz solar, à temperatura etc., correlacionando essas características à flora e fauna específicas.	O capítulo *Biomas brasileiros* caracteriza os principais ecossistemas, bem como o sistema costeiro-marinho, correlacionado suas características à flora e à fauna específicas de cada um. Além disso, as atividades do capítulo propõem a análise e a argumentação acerca dos temas estudados.
EF07CI08 Avaliar como os impactos provocados por catástrofes naturais ou mudanças nos componentes físicos, biológicos ou sociais de um ecossistema afetam suas populações, podendo ameaçar ou provocar a extinção de espécies, alteração de hábitos, migração etc.	O capítulo *Alterações ambientais e qualidade de vida* apresenta como as ações humanas impactam o ambiente, em especial no que diz respeito a catástrofes naturais ou mudanças provocadas por ações antrópicas nos componentes físicos, biológicos ou sociais de um ecossistema, que afetam suas populações. Além disso, as atividades do capítulo propõem a análise e a argumentação acerca dos temas estudados.
EF07CI09 Interpretar as condições de saúde da comunidade, cidade ou estado, com base na análise e comparação de indicadores de saúde (como taxa de mortalidade infantil, cobertura de saneamento básico e incidência de doenças de veiculação hídrica, atmosférica entre outras) e dos resultados de políticas públicas destinadas à saúde.	Ao longo do tópico *Doenças relacionadas com a degradação ambiental*, conceitos básicos em saúde pública são apresentados. Já o capítulo *Políticas públicas para a saúde* apresenta diferentes parâmetros para a análise das condições de saúde pública, como as indicações de saúde e os resultados de políticas públicas. Além disso, as atividades dos capítulos *Ambiente, doenças e defesas do nosso corpo* e *Políticas públicas para a saúde* propõem a análise e a argumentação acerca dos temas estudados.
EF07CI10 Argumentar sobre a importância da vacinação para a saúde pública, com base em informações sobre a maneira como a vacina atua no organismo e o papel histórico da vacinação para a manutenção da saúde individual e coletiva e para a erradicação de doenças.	O tópico *Defesas do corpo humano* apresenta argumentos sobre a importância da vacinação para a saúde pública, expondo os princípios acerca da imunidade para explicar seu funcionamento. Além disso, as atividades do capítulo *Ambiente, doenças e defesas do nosso corpo* propõem a análise e a argumentação acerca dos temas estudados
EF07CI11 Analisar historicamente o uso da tecnologia, incluindo a digital, nas diferentes dimensões da vida humana, considerando indicadores ambientais e de qualidade de vida.	Ao longo do capítulo *A energia e as máquinas*, são apresentadas perspectivas socioculturais de como o uso de tecnologias, em especial no que diz respeito às máquinas, impactou e impacta a vida cotidiana dos humanos. O capítulo *Alterações ambientais e qualidade de vida* apresenta como as ações humanas impactam o ambiente. Já o capítulo *Políticas públicas para a saúde* apresenta diferentes indicadores ambientais e de qualidade de vida que permeiam a sociedade atual. Além disso, as atividades dos capítulos propõem a análise e a argumentação acerca dos temas estudados
EF07CI12 Demonstrar que o ar é uma mistura de gases, identificando sua composição, e discutir fenômenos naturais ou antrópicos que podem alterar essa composição.	Ao longo de toda sua extensão, o capítulo *O ar, a atmosfera e as condições para a vida* explora a composição do ar atmosférico e os fenômenos naturais e antrópicos que podem alterá-la, dando destaque para os impactos ambientais dessa modificação. Além disso, as atividades do capítulo propõem a análise e a argumentação acerca dos temas estudados.

HABILIDADES	EXEMPLOS GERAIS DE COMO SÃO TRABALHADAS
EF07CI13 Descrever o mecanismo natural do efeito estufa, seu papel fundamental para o desenvolvimento da vida na Terra, discutir as ações humanas responsáveis pelo seu aumento artificial (queima dos combustíveis fósseis, desmatamento, queimadas etc.) e selecionar e implementar propostas para a reversão ou controle desse quadro.	Ao analisar a contribuição dos poluentes atmosféricos para as mudanças climáticas, o capítulo *O ar, a atmosfera e as condições para a vida* explora o mecanismo natural do efeito estufa e seu papel para o desenvolvimento da vida na Terra, além de propor reflexões acerca das ações antrópicas que afetam negativamente esse processo. Além disso, as atividades do capítulo propõem a análise e a argumentação acerca dos temas estudados.
EF07CI14 Justificar a importância da camada de ozônio para a vida na Terra, identificando os fatores que aumentam ou diminuem sua presença na atmosfera, e discutir propostas individuais e coletivas para sua preservação.	Ao analisar a contribuição dos poluentes atmosféricos para as mudanças climáticas, o capítulo *O ar, a atmosfera e as condições para a vida* explora a camada de ozônio e seu papel para a manutenção da vida na Terra, além de propor reflexões acerca das ações antrópicas que afetam negativamente essa camada. Além disso, as atividades do capítulo propõem a análise e a argumentação acerca dos temas estudados.
EF07CI15 Interpretar fenômenos naturais (como vulcões, terremotos e *tsunamis*) e justificar a rara ocorrência desses fenômenos no Brasil, com base no modelo das placas tectônicas.	Após apresentar as placas tectônicas e a teoria da deriva continental e das placas tectônicas, o capítulo *Continentes e movimentos* aborda a formação de cadeias de montanhas, vulcões, terremotos e *tsunamis* no planeta Terra, enquanto o tópico *Vulcões*, do capítulo *Ventos e vulcões*, apresenta um aprofundamento da ocorrência desse fenômeno, e ambos justificam a rara ocorrência dos fenômenos naturais no Brasil por sua posição geográfica em relação às placas tectônicas. Além disso, as atividades dos capítulos propõem a análise e a argumentação acerca dos temas estudados.
EF07CI16 Justificar o formato das costas brasileira e africana com base na teoria da deriva dos continentes.	O capítulo *Continentes em movimento,* em sua primeira parte, apresenta as placas tectônicas e a teoria da deriva continental e das placas tectônicas para, em seguida, abordar a complementaridade das costas sul-americana e africana. Além disso, suas atividades propõem a análise e a argumentação acerca dos temas estudados.

Phovoir/Shutterstock

A aprendizagem deve ser abrangente, contínua e vista pelo estudante como algo prazeroso que permeará toda a sua vida, favorecendo o desenvolvimento da autonomia para aprender sob diferentes modos e manusear materiais diversos.

Proposta de planejamento e cronograma para utilizar o volume

A seguir, apresentamos uma sugestão de cronograma, com organização por aula, bimestre, trimestre ou semestre.

Vale ressaltar que esse cronograma é uma sugestão, podendo ser alterado da maneira mais adequada à sua realidade escolar.

SITUAÇÕES DE ORGANIZAÇÃO			PARTE DO VOLUME		TEMPO ESTIMADO
1º semestre	1º trimestre	1º bimestre	Unidade 1	Abertura de unidade e Capítulo 1	2 semanas
				Capítulo 2	2 semanas
				Capítulo 3	2 semanas
				Capítulo 4	3 semanas
			Período para ajuste no planejamento (1 semana)		
	2º trimestre	2º bimestre	Unidade 2	Abertura de unidade e Capítulo 5	3 semanas
				Capítulo 6	3 semanas
				Capítulo 7	3 semanas
			Período para ajuste no planejamento (1 semana)		
2º semestre	3º trimestre	3º bimestre	Unidade 3	Abertura de unidade e Capítulo 8	3 semanas
				Capítulo 9	3 semanas
				Capítulo 10	3 semanas
			Período para ajuste no planejamento (1 semana)		
		4º bimestre	Unidade 4	Abertura de unidade e Capítulo 11	3 semanas
				Capítulo 12	3 semanas
				Capítulo 13	3 semanas
			Período para ajuste no planejamento (1 semana)		
TOTAL ANUAL			40 semanas letivas		

Volume 8

O Volume 8 se inicia com a unidade *Vida e reprodução*, alinhada à unidade temática "Vida e evolução" da BNCC. O primeiro capítulo trata da reprodução dos seres vivos, continuada no segundo capítulo por meio da abordagem da reprodução humana e das transformações da puberdade. No Capítulo 3, a saúde e a sexualidade são o foco de estudo.

A segunda unidade dá prosseguimento à unidade temática "Vida e evolução" da BNCC e trata do corpo humano. O Capítulo 4 aborda a nutrição e a digestão; o Capítulo 5, a respiração; o Capítulo 6, a circulação e o sistema imunitário; e o Capítulo 7, a excreção. Estudam-se, assim, os sistemas integrados do corpo humano, bem como doenças que os afetam e hábitos que contribuem para a manutenção da saúde.

A terceira unidade se associa à unidade temática "Matéria e energia" da BNCC para abordar a energia elétrica. No Capítulo 8, a eletricidade é introduzida por meio da ideia literária de geração de vida por meio da eletricidade. No Capítulo 9, os aparelhos elétricos são estudados em associação com o consumo elétrico residencial. O Capítulo 10, finalizando a unidade, trata da geração de energia elétrica por diferentes tipos de usinas.

A última unidade do volume, da unidade temática "Terra e Universo" da BNCC, aborda os movimentos da Terra no Capítulo 11 e a Lua no Capítulo 12. O Capítulo 13 trata do clima e do tempo, discutindo a ação humana e o aquecimento global.

Sumário

UNIDADE 1 – Vida e reprodução 8

CAPÍTULO 1 – Reprodução nos seres vivos 10

#Importância da reprodução 11
#Tipos de reprodução 12
#Metamorfose do gafanhoto 24
#Metamorfose da borboleta 25
#Experimentar 26
#Atividades 31

CAPÍTULO 2 – Reprodução humana e transformações da puberdade 33

#Adolescência e puberdade 34
#Sistema endócrino e hormônios 35
#Sistema genital masculino 37
#Sistema genital feminino 39
#Fecundação 44
#Gestação 46
#Parto 47
#Gestação, parto e saúde 48
#Atividades 49

CAPÍTULO 3 – Sexualidade e saúde 52

#Sexualidade humana 53
#Métodos contraceptivos 56
#Métodos contraceptivos 58
#Infecções sexualmente transmissíveis (ISTs) 61
#Atividades 68
#Mural de ideias 71

UNIDADE 2 – Corpo humano: sistemas integrados 72

CAPÍTULO 4 – Nutrição e digestão 74

#Nutrição e alimentação 75
#Atividades 81
#Digestão 82
#Experimentar 82
#Atividades 89

CAPÍTULO 5 – Respiração 91

#Sistema respiratório 93
#Experimentar 96
#Atividades 102

CAPÍTULO 6 – Circulação e defesa 104

#Sistema cardiovascular 105
#Experimentar 113
#Sistema linfático 115
#Sistema imunitário 116
#Atividades 120

CAPÍTULO 7 – Excreção 123

#Excreção 124
#Sistema urinário 125
#Corpo humano 132
#Atividades 134
#Mural de ideias 135

UNIDADE 3 – Energia Elétrica 136

CAPÍTULO 8 – A eletricidade 138

#Os raios e a eletricidade 139
#Experimentar 141
#Atividades 145
#Condutores elétricos 147
#Corrente elétrica 148
#Para-raios 157
#Atividades 158

CAPÍTULO 9 – Aparelhos elétricos 160

#Circuitos elétricos 161
#Experimentar 163
#Experimentar 167
#Atividades 168
#Transformações de energia 169
#Atividades 171
#Consumo de energia elétrica 174
#Atividades 177

CAPÍTULO 10 – Gerando energia elétrica 179

#As fontes de energia 180
#Usinas e transformação de energia 186
#Fontes de energia renováveis e não renováveis 196
#Atividades 198
#Transmitindo energia elétrica 201
#Produção de energia elétrica no Brasil 205
#Atividades 209
#Mural de ideias 211

UNIDADE 4 – Terra, clima e tempo 212

CAPÍTULO 11 – Movimentos da Terra 214

#Movimentos de rotação e translação da Terra 215
#As estações do ano 217
#Experimentar 219
#Atividades 223

CAPÍTULO 12 – A Lua 224

#Fases da Lua 225
#Experimentar 227
#As crateras da Lua 231
#Experimentar 232
#Chegada do ser humano à Lua 238
#Eclipses 240
#Experimentar 242
#Atividades 243

CAPÍTULO 13 – O tempo, o clima e a ação humana 244

#Tempo e clima 245
#Previsão do tempo 246
#Experimentar 249
#Fatores climáticos 250
#O ser humano e as alterações climáticas 257
#Atividades 261
#Mural de ideias 262

Competências gerais e específicas 263

Habilidades 263

Referências bibliográficas comentadas 264

jack_lin/Shutterstock

As fontes renováveis de geração de energia, como a energia eólica, têm se tornado uma tendência de investimento mundial e uma forma de minimizar os impactos ambientais gerados pelas sociedades humanas.

Justificativa e pertinência do volume

A primeira unidade trata da unidade temática "Vida e evolução", com objetivos ligados à relação da reprodução com a hereditariedade e da adaptação dos seres vivos ao ambiente, à compreensão das transformações que ocorrem na puberdade e a relação delas com os hormônios e o sistema nervoso, e à discussão da sexualidade e sua importância na vida humana. O conhecimento de si é parte da educação humana integral, o que concede pertinência aos objetivos da unidade. Além disso, eles se justificam por valorizarem o conhecimento científico produzido e sistematizado na história da humanidade e por possibilitarem trabalhar com competências e habilidades da BNCC.

A segunda unidade aborda os sistemas integrados do corpo humano. Os objetivos tratam do conhecimento do próprio corpo, mas também do sistema respiratório e os danos do tabagismo, do sistema imunitário e das vacinas e da excreção e dos problemas de saúde no trato urinário. São objetivos pertinentes por tratarem da saúde e do autoconhecimento – importantes para uma educação integral –, mas também de uma alfabetização científica e tecnológica, como na discussão das vacinas e do tabagismo. Tais objetivos são justificados por trazerem relações entre ciência, tecnologia e sociedade, permitirem a apreensão do conhecimento científico historicamente construído e propiciarem o desenvolvimento de competências e habilidades da BNCC.

Na terceira unidade, sobre a energia elétrica, a ênfase na alfabetização científica e tecnológica destaca a pertinência dos objetivos desta unidade. Identificar riscos e benefícios da eletricidade para o indivíduo e para a sociedade, refletir sobre o consumo elétrico residencial e o acesso à eletricidade e formar um repertório de argumentos sobre vantagens e desvantagens dos diferentes modelos de usinas geradoras de eletricidade são alguns dos objetivos justificados por permitirem profícuas discussões das inter-relações entre CTS. O conhecimento científico também é valorizado, e competências e habilidades da BNCC – em especial as ligadas a discussões ambientais, sustentabilidade e tomadas de decisão – também são justificativas para a escolha dos objetivos.

Por fim, o volume encerra com uma unidade que engloba estudos sobre a Lua, a Terra e o clima. A análise do papel da Lua em diferentes culturas, o reconhecimento de diferenças nas estações do ano de acordo com as regiões do Brasil e a discussão do comportamento humano em relação ao aquecimento global são exemplos de objetivos, cuja pertinência está na formação humana integral – ao abranger as dimensões científica, tecnológica e cultural – e na alfabetização científica e tecnológica, ao discutir, em especial, a ação humana relativa às mudanças climáticas. Por valorizar o conhecimento científico, abordar a natureza da ciência ligada aos estudos de clima e tempo, estabelecer relações entre CTS e, ainda, contribuir com o trabalho de habilidades e competências da BNCC, justificam-se os objetivos dessa unidade final.

Objetivos

UNIDADE 1 – VIDA E REPRODUÇÃO	OBJETIVOS
Capítulo 1 – Reprodução dos seres vivos	• Compreender a importância da reprodução para a continuidade das espécies de seres vivos. • Diferenciar reprodução assexuada de reprodução sexuada. • Relacionar a reprodução com a hereditariedade e a adaptação dos seres vivos ao ambiente.
Capítulo 2 – Reprodução humana e transformações da puberdade	• Conhecer o sistema endócrino humano e a importância dos hormônios para o funcionamento do organismo. • Compreender a estrutura do sistema genital masculino e do sistema genital feminino. • Identificar as etapas do ciclo menstrual. • Conhecer aspectos da fecundação humana, do desenvolvimento embrionário e do parto. • Compreender as transformações que ocorrem na puberdade e a relação delas com os hormônios e o sistema nervoso.
Capítulo 3 – Saúde e sexualidade	• Discutir a sexualidade e sua importância na vida humana. • Diferenciar métodos contraceptivos. • Entender a importância dos métodos contraceptivos para evitar a gestação. • Reconhecer a importância dos preservativos para se proteger de infecções sexualmente transmissíveis (IST). • Identificar sintomas, formas de transmissão e de prevenção das principais infecções sexualmente transmissíveis (IST).

UNIDADE 2 – CORPO HUMANO: SISTEMAS INTEGRADOS	OBJETIVOS
Capítulo 4 – Nutrição e digestão	• Caracterizar os principais nutrientes dos alimentos. • Compreender a importância de uma alimentação saudável. • Caracterizar os principais nutrientes dos alimentos. • Reconhecer os principais órgãos do sistema digestório. • Identificar as funções do sistema digestório e os órgãos que as realizam.
Capítulo 5 – Respiração	• Reconhecer os órgãos do sistema respiratório humano. • Compreender a principal função do sistema respiratório. • Compreender a ventilação pulmonar. • Caracterizar algumas das doenças mais comuns que afetam o sistema respiratório. • Reconhecer os prejuízos do tabagismo para o sistema respiratório.
Capítulo 6 – Circulação e defesa	• Reconhecer os principais órgãos dos sistemas cardiovascular e linfático. • Compreender como ocorre a circulação do sangue e da linfa pelo corpo. • Identificar as funções básicas do sistema imunitário e reconhecer a importância das vacinas. • Caracterizar algumas das principais doenças que afetam os sistemas cardiovascular e imunitário.
Capítulo 7 – Excreção	• Compreender os mecanismos de excreção do corpo humano. • Reconhecer e caracterizar os órgãos do sistema urinário. • Reconhecer hábitos que contribuem para a manutenção da saúde do sistema urinário. • Identificar as principais doenças que afetam o sistema urinário.
UNIDADE 3 – ENERGIA ELÉTRICA	**OBJETIVOS**
Capítulo 8 – A eletricidade	• Compreender os conceitos de cargas elétricas e de corrente elétrica. • Diferenciar materiais bons e maus condutores elétricos. • Compreender como a eletricidade se relaciona com as esferas da ciência, da tecnologia e da sociedade. • Identificar riscos e benefícios da eletricidade para o indivíduo e para a sociedade.
Capítulo 9 – Aparelhos elétricos	• Ler de maneira crítica matérias sobre ciência e tecnologia. • Identificar os elementos de um circuito elétrico. • Reconhecer transformações de energia. • Reconhecer a grandeza da potência elétrica. • Refletir sobre o consumo elétrico residencial e o acesso à eletricidade.
Capítulo 10 – Gerando energia elétrica	• Identificar diferentes fontes de energia. • Formar um repertório de argumentos a respeito das vantagens e desvantagens dos diferentes modelos de usinas geradoras de eletricidade. • Refletir sobre os modos de produção e consumo da sociedade e seus impactos ambientais.
UNIDADE 4 – TERRA, CLIMA E TEMPO	**OBJETIVOS**
Capítulo 11 – Movimentos da Terra	• Conhecer os movimentos da Terra. • Relacionar o movimento de translação e a inclinação do eixo de rotação da Terra às estações do ano. • Reconhecer diferenças nas estações do ano de acordo com as regiões do Brasil.
Capítulo 12 – A Lua	• Explicar as fases da Lua e os eclipses. • Analisar o papel da Lua em diferentes culturas. • Compreender como hipóteses podem ser testadas no contexto de estudos sobre a Lua.
Capítulo 13 – O tempo, o clima e a ação humana	• Diferenciar tempo e clima. • Compreender a ciência relacionada com o tempo e o clima. • Discutir o comportamento humano em relação ao aquecimento global.

Caderno da BNCC para o(a) professor(a): competências e habilidades da BNCC

A seguir, identificamos todas as competências gerais, as competências específicas e as habilidades da BNCC que são trabalhadas no volume. Além disso, apresentamos alguns exemplos de como e em quais momentos esse trabalho ocorre. Já nas *Orientações didáticas* da reprodução do Livro do Estudante, apresentamos de forma mais detalhada o trabalho com as competências e as habilidades, página a página.

Competências gerais

COMPETÊNCIAS GERAIS	EXEMPLOS GERAIS DE COMO SÃO TRABALHADAS
1 Valorizar e utilizar os conhecimentos historicamente construídos sobre o mundo físico, social, cultural e digital para entender e explicar a realidade, continuar aprendendo e colaborar para a construção de uma sociedade justa, democrática e inclusiva.	A abordagem dos capítulos *A eletricidade*, *Movimento da Terra* e *A Lua* permite aos estudantes mobilizar conhecimentos historicamente construídos sobre o mundo físico para compreender os fenômenos relacionados à eletricidade, às estações do ano e à ocorrência dos eclipses, conclusões que foram apreendidas pela humanidade ao longo da história.
2 Exercitar a curiosidade intelectual e recorrer à abordagem própria das ciências, incluindo a investigação, a reflexão, a análise crítica, a imaginação e a criatividade, para investigar causas, elaborar e testar hipóteses, formular e resolver problemas e criar soluções (inclusive tecnológicas) com base nos conhecimentos das diferentes áreas.	Ao longo do volume, as atividades propostas, principalmente na seção *#Experimentar*, dispondo de estratégias diversificadas conforme o objeto do conhecimento mobilizado, oferecem momentos de exercício da curiosidade intelectual e de prática da abordagem própria das Ciências.
3 Valorizar e fruir as diversas manifestações artísticas e culturais, das locais às mundiais, e também participar de práticas diversificadas da produção artístico-cultural.	A abordagem do capítulo *A eletricidade* é permeada por uma análise social e histórica da obra *Frankenstein*, de Mary Shelley, o que favorece a valorização da literatura. No capítulo *Movimento da Terra*, ao abordar as estações do ano, quadros artísticos são explorados para a análise da interpretação humana do fenômeno natural. Por fim, no capítulo *A Lua*, as fases da Lua são estudadas por meio da análise de diferentes artes visuais, produzidas por diferentes povos em diferentes momentos históricos.
4 Utilizar diferentes linguagens – verbal (oral ou visual-motora, como Libras, e escrita), corporal, visual, sonora e digital –, bem como conhecimentos das linguagens artística, matemática e científica, para se expressar e partilhar informações, experiências, ideias e sentimentos em diferentes contextos e produzir sentidos que levem ao entendimento mútuo.	Ao longo do volume, são reservados momentos, em especial em itens da seção *#Atividades* e em duas ocorrências do boxe *#Para interpretar*, de produção de material de divulgação utilizando diferentes linguagens como finalização de situações que envolvam pesquisa e argumentação.
5 Compreender, utilizar e criar tecnologias digitais de informação e comunicação de forma crítica, significativa, reflexiva e ética nas diversas práticas sociais (incluindo as escolares) para se comunicar, acessar e disseminar informações, produzir conhecimentos, resolver problemas e exercer protagonismo e autoria na vida pessoal e coletiva.	A atividade 4 da página 243 do capítulo *A Lua* propõe a gravação de um vídeo. Outro exemplo é uma atividade do capítulo *O tempo, o clima e a ação humana*, que propõe um trabalho com o *site* do Instituto Nacional de Meteorologia (Inmet).

COMPETÊNCIAS GERAIS	EXEMPLOS GERAIS DE COMO SÃO TRABALHADAS
6 Valorizar a diversidade de saberes e vivências culturais e apropriar-se de conhecimentos e experiências que lhe possibilitem entender as relações próprias do mundo do trabalho e fazer escolhas alinhadas ao exercício da cidadania e ao seu projeto de vida, com liberdade, autonomia, consciência crítica e responsabilidade.	A abordagem do capítulo *A eletricidade* é permeada por uma análise de saberes populares a respeito da eletricidade. No capítulo *Movimento da Terra*, ao abordar as estações do ano, as concepções de diferentes povos são apresentadas com o objetivo de propor a reflexão de que as estações também são definidas com base em fatores culturais. Por fim, no capítulo *A Lua*, as fases da Lua são estudadas por meio da análise de diferentes artes visuais produzidas por diversos povos em diferentes momentos históricos, as quais são permeadas por elementos culturais diversos.
7 Argumentar com base em fatos, dados e informações confiáveis, para formular, negociar e defender ideias, pontos de vista e decisões comuns que respeitem e promovam os direitos humanos, a consciência socioambiental e o consumo responsável em âmbito local, regional e global, com posicionamento ético em relação ao cuidado de si mesmo, dos outros e do planeta.	Ao longo do volume, são reservados momentos, em especial em itens da seção *#Atividades* e dos boxes *#Para refletir* e *#Para interpretar*, para exercício da argumentação baseada em fatos, dados e informações confiáveis, geralmente por meio da promoção de pesquisas e coleta de dados. Parte das atividades propostas, ainda, mobiliza a avaliação de questões ambientais e a proposição de soluções nos níveis individual e coletivo.
8 Conhecer-se, apreciar-se e cuidar de sua saúde física e emocional, compreendendo-se na diversidade humana e reconhecendo suas emoções e as dos outros, com autocrítica e capacidade para lidar com elas.	Ao abordar questões relativas à saúde, em especial a respeito da reprodução humana e da sexualidade, o cuidado com a saúde física e emocional é estimulado. Também os cuidados com a saúde física são trabalhados no contexto dos efeitos da corrente elétrica e dos para-raios, no capítulo *Aparelhos elétricos*.
9 Exercitar a empatia, o diálogo, a resolução de conflitos e a cooperação, fazendo-se respeitar e promovendo o respeito ao outro e aos direitos humanos, com acolhimento e valorização da diversidade de indivíduos e de grupos sociais, seus saberes, identidades, culturas e potencialidades, sem preconceitos de qualquer natureza.	A empatia, o diálogo, a resolução de conflitos e a cooperação são estimulados durante a proposição de atividades de debate e a proposição de estratégias de resolução de problemas. São estimulados também em atividades que propõem a análise de situações que envolvem questões socioambientais e relativas à saúde humana.
10 Agir pessoal e coletivamente com autonomia, responsabilidade, flexibilidade, resiliência e determinação, tomando decisões com base em princípios éticos, democráticos, inclusivos, sustentáveis e solidários.	Ao abordar questões relativas à saúde, em especial a respeito da reprodução humana e da sexualidade, atitudes pessoal e coletivamente responsáveis são estimuladas. Também na discussão sobre geração de energia elétrica e sobre o aquecimento global, encontram-se passagens de textos e atividades que requerem dos estudantes a tomada de decisão e a execução de ações responsáveis, com base em princípios éticos, democráticos e sustentáveis.

Compreender os fenômenos naturais e os impactos ambientais decorrentes da ação humana permite aos estudantes adquirir conhecimento suficiente para entender os riscos decorrentes dessas ações e implementar medidas de prevenção no dia a dia.

Vasin Lee/Shutterstock

Competências específicas

COMPETÊNCIAS ESPECÍFICAS	EXEMPLOS GERAIS DE COMO SÃO TRABALHADAS
1 Compreender as Ciências da Natureza como empreendimento humano, e o conhecimento científico como provisório, cultural e histórico.	A abordagem dos capítulos *A eletricidade* e *A Lua* permite aos estudantes mobilizar conhecimentos historicamente construídos sobre o mundo físico para compreender os fenômenos relacionados à eletricidade e à ocorrência dos eclipses, conclusões que foram apreendidas pela humanidade ao longo da história.
2 Compreender conceitos fundamentais e estruturas explicativas das Ciências da Natureza, bem como dominar processos, práticas e procedimentos da investigação científica, de modo a sentir segurança no debate de questões científicas, tecnológicas, socioambientais e do mundo do trabalho, continuar aprendendo e colaborar para a construção de uma sociedade justa, democrática e inclusiva.	Ao longo do volume, as atividades propostas, principalmente na seção *#Experimentar*, dispondo de estratégias diversificadas conforme o objeto do conhecimento mobilizado, oferecem momentos de prática de processos relativos à investigação científica.
3 Analisar, compreender e explicar características, fenômenos e processos relativos ao mundo natural, social e tecnológico (incluindo o digital), como também as relações que se estabelecem entre eles, exercitando a curiosidade para fazer perguntas, buscar respostas e criar soluções (inclusive tecnológicas) com base nos conhecimentos das Ciências da Natureza.	A abordagem do capítulo *A eletricidade* possibilita aos estudantes analisar, compreender e explicar características e fenômenos relativos ao mundo social por meio do exercício da curiosidade, da observação, do diálogo e da investigação. No capítulo *A Lua*, os estudantes são convidados a fazer observações da Lua no céu e analisá-las, inclusive produzindo um vídeo sobre o assunto. No capítulo *O tempo, o clima e a ação humana*, duas atividades requerem explicações sobre fenômenos naturais e relações com o mundo social.
4 Avaliar aplicações e implicações políticas, socioambientais e culturais da ciência e de suas tecnologias para propor alternativas aos desafios do mundo contemporâneo, incluindo aqueles relativos ao mundo do trabalho.	Ao longo do volume, são reservados momentos, em especial em itens da seção *#Atividades* e do boxe *#Para interpretar*, para a avaliação de questões ambientais e para a proposição de soluções nos níveis individual e coletivo.
5 Construir argumentos com base em dados, evidências e informações confiáveis e negociar e defender ideias e pontos de vista que promovam a consciência socioambiental e o respeito a si próprio e ao outro, acolhendo e valorizando a diversidade de indivíduos e de grupos sociais, sem preconceitos de qualquer natureza.	Ao longo do volume, são reservados momentos, em especial em itens das seções *#Atividades* e *#Experimentar* e dos boxes *#Para refletir* e *#Para interpretar*, para exercício da argumentação baseada em fatos, dados e informações confiáveis, geralmente por meio da promoção de pesquisas e coleta de dados. Parte das atividades propostas, ainda, mobiliza a avaliação de questões ambientais e a proposição de soluções nos níveis individual e coletivo.
6 Utilizar diferentes linguagens e tecnologias digitais de informação e comunicação para se comunicar, acessar e disseminar informações, produzir conhecimentos e resolver problemas das Ciências da Natureza de forma crítica, significativa, reflexiva e ética.	Ao longo do volume, são reservados momentos, em especial em itens da seção *#Atividades* e em duas ocorrências do boxe *#Para interpretar*, de produção de material de divulgação utilizando diferentes linguagens como finalização de situações que envolvam pesquisa e argumentação.
7 Conhecer, apreciar e cuidar de si, do seu corpo e bem-estar, compreendendo-se na diversidade humana, fazendo-se respeitar e respeitando o outro, recorrendo aos conhecimentos das Ciências da Natureza e às suas tecnologias.	Ao abordar questões relativas à saúde, em especial a respeito da reprodução humana e da sexualidade, o cuidado com a saúde física e emocional é estimulado.
8 Agir pessoal e coletivamente com respeito, autonomia, responsabilidade, flexibilidade, resiliência e determinação, recorrendo aos conhecimentos das Ciências da Natureza para tomar decisões frente a questões científico-tecnológicas e socioambientais e a respeito da saúde individual e coletiva, com base em princípios éticos, democráticos, sustentáveis e solidários.	Ao abordar questões relativas à saúde, em especial a respeito da reprodução humana e da sexualidade, atitudes pessoal e coletivamente responsáveis são estimuladas. Também na discussão sobre geração de energia elétrica e sobre o aquecimento global, encontram-se passagens de textos e atividades que requerem dos estudantes a tomada de decisão e a execução de ações responsáveis com base em princípios éticos, democráticos e sustentáveis.

Habilidades

HABILIDADES	EXEMPLOS GERAIS DE COMO SÃO TRABALHADAS
EF08CI01 Identificar e classificar diferentes fontes (renováveis e não renováveis) e tipos de energia utilizados em residências, comunidades ou cidades.	Os tópicos *As fontes de energia* e *Fontes de energia renováveis e não renováveis* apresentam exemplos de diferentes fontes de energia, relacionando-as ao uso de energia pela sociedade. Além disso, as atividades do capítulo *Gerando energia elétrica* propõem a análise e a argumentação acerca dos temas estudados.
EF08CI02 Construir circuitos elétricos com pilha/bateria, fios e lâmpada ou outros dispositivos e compará-los a circuitos elétricos residenciais.	O tópico *Circuitos elétricos* fornece subsídios para a produção de circuitos elétricos, como proposto na seção *#Experimentar* do capítulo *Aparelhos elétricos*. Além disso, as atividades do capítulo propõem a análise e a argumentação acerca dos temas estudados.
EF08CI03 Classificar equipamentos elétricos residenciais (chuveiro, ferro, lâmpadas, TV, rádio, geladeira etc.) de acordo com o tipo de transformação de energia (da energia elétrica para a térmica, luminosa, sonora e mecânica, por exemplo).	O tópico *Transformações de energia* fornece subsídios para a classificação dos aparelhos elétricos conforme a transformação de energia executada. Além disso, as atividades do capítulo *Aparelhos elétricos* propõem a análise e a argumentação acerca dos temas estudados.
EF08CI04 Calcular o consumo de eletrodomésticos a partir dos dados de potência (descritos no próprio equipamento) e tempo médio de uso para avaliar o impacto de cada equipamento no consumo doméstico mensal.	O tópico *Consumo de energia elétrica* fornece subsídios para o cálculo do consumo energético dos aparelhos elétricos conforme a transformação de energia executada. Além disso, as atividades do capítulo *Aparelhos elétricos* propõem a análise e a argumentação acerca dos temas estudados.
EF08CI05 Propor ações coletivas para otimizar o uso de energia elétrica em sua escola e/ou comunidade, com base na seleção de equipamentos segundo critérios de sustentabilidade (consumo de energia e eficiência energética) e hábitos de consumo responsável.	As atividades ao longo do capítulo *Gerando energia elétrica* possibilitam a proposição de ações coletivas para o consumo consciente de energia segundo critérios de sustentabilidade e consumo responsável.
EF08CI06 Discutir e avaliar usinas de geração de energia elétrica (termelétricas, hidrelétricas, eólicas etc.), suas semelhanças e diferenças, seus impactos socioambientais, e como essa energia chega e é usada em sua cidade, comunidade, casa ou escola.	Os tópicos *Usinas e transformação de energia*, *Transmitindo energia elétrica* e *Produção de energia elétrica no Brasil* apresentam um panorama dos principais meios de geração de energia elétrica empregados no Brasil e no mundo. Além disso, as atividades do capítulo *Gerando energia elétrica* propõem a análise e a argumentação acerca dos temas estudados.
EF08CI07 Comparar diferentes processos reprodutivos em plantas e animais em relação aos mecanismos adaptativos e evolutivos.	O capítulo *Reprodução nos seres vivos*, em especial o tópico *Tipos de reprodução*, fornece, por meio de exemplos de reprodução em diferentes espécies, subsídios para a comparação de diferentes processos reprodutivos no que diz respeito aos mecanismos adaptativos e evolutivos de cada espécie. Além disso, as atividades do capítulo propõem a análise e a argumentação acerca dos temas estudados.
EF08CI08 Analisar e explicar as transformações que ocorrem na puberdade considerando a atuação dos hormônios sexuais e do sistema nervoso.	Os tópicos *Adolescência e puberdade*, *Sistema endócrino e hormônios* e *Menstruei, e agora?* propõem uma análise de como a puberdade se relaciona com aspectos biológicos, como a capacidade reprodutiva da espécie humana e a ação de hormônios sexuais, e sociais. As atividades do capítulo *Reprodução humana e transformações da puberdade* propõem a análise e a argumentação acerca dos temas estudados, com destaque para o boxe *#Para interpretar*.

HABILIDADES	EXEMPLOS GERAIS DE COMO SÃO TRABALHADAS
EF08CI09 Comparar o modo de ação e a eficácia dos diversos métodos contraceptivos e justificar a necessidade de compartilhar a responsabilidade na escolha e na utilização do método mais adequado à prevenção da gravidez precoce e indesejada e de Doenças Sexualmente Transmissíveis (DST).	O tópico *Métodos contraceptivos* é iniciado com a proposição de um debate acerca da responsabilidade compartilhada entre homens e mulheres para a prevenção da gravidez. A partir desse tema, os métodos contraceptivos e sua eficácia são apresentados. Além disso, as atividades do capítulo *Sexualidade e saúde* propõem a análise e a argumentação acerca dos temas estudados.
EF08CI10 Identificar os principais sintomas, modos de transmissão e tratamento de algumas DST (com ênfase na AIDS), e discutir estratégias e métodos de prevenção.	O tópico *Infecções sexualmente transmissíveis (IST)* apresenta algumas das principais IST, listando sintomas, modos de transmissão e estratégias de prevenção, como uso de preservativos e vacinação. Além disso, as atividades do capítulo *Sexualidade e saúde* propõem a análise e a argumentação acerca dos temas estudados.
EF08CI11 Selecionar argumentos que evidenciem as múltiplas dimensões da sexualidade humana (biológica, sociocultural, afetiva e ética).	O tópico *Sexualidade humana* explora aspectos sociais, individuais, emocionais e históricos da sexualidade humana, promovendo reflexões a respeito. Além disso, as atividades do capítulo *Sexualidade e saúde* propõem a análise e a argumentação acerca dos temas estudados.
EF08CI12 Justificar, por meio da construção de modelos e da observação da Lua no céu, a ocorrência das fases da Lua e dos eclipses, com base nas posições relativas entre Sol, Terra e Lua.	O capítulo *A Lua* apresenta diversos modelos explicativos acerca da Lua, incluindo modelos de diferentes culturas, e as atividades da seção *#Experimentar* propõem a confecção de modelos. Por meio dessa abordagem, é proposto um modelo explicativo para a ocorrência dos eclipses. Além disso, as atividades do capítulo propõem a análise e a argumentação acerca dos temas estudados.
EF08CI13 Representar os movimentos de rotação e translação da Terra e analisar o papel da inclinação do eixo de rotação da Terra em relação à sua órbita na ocorrência das estações do ano, com a utilização de modelos tridimensionais.	O capítulo *Movimento da Terra* faz, em toda sua extensão, um resgate dos conhecimentos estabelecidos ao longo do Ensino Fundamental acerca dos movimentos de rotação e translação da Terra para propor a análise da influência desses movimentos, bem como da inclinação do eixo de rotação da Terra na ocorrência das estações do ano. Além disso, as atividades do capítulo, especialmente da seção *#Experimentar*, propõem a análise e a argumentação acerca dos temas estudados.
EF08CI14 Relacionar climas regionais aos padrões de circulação atmosférica e oceânica e ao aquecimento desigual causado pela forma e pelos movimentos da Terra.	O tópico *Fatores climáticos* apresenta as principais variáveis envolvidas na configuração do clima de diferentes regiões. Além disso, as atividades do capítulo *O tempo, o clima e a ação humana* propõem a análise e a argumentação acerca dos temas estudados
EF08CI15 Identificar as principais variáveis envolvidas na previsão do tempo e simular situações nas quais elas possam ser medidas.	O tópico *Previsão do tempo* apresenta instrumentos de medição para expor as principais variáveis envolvidas na previsão do tempo, enquanto a seção *#Experimentar* do capítulo *O tempo, o clima e a ação humana* propõe a simulação da medição de uma delas. Além disso, as atividades do capítulo propõem a análise e a argumentação acerca dos temas estudados.
EF08CI16 Discutir iniciativas que contribuam para restabelecer o equilíbrio ambiental a partir da identificação de alterações climáticas regionais e globais provocadas pela intervenção humana.	O tópico *Produção de energia elétrica no Brasil* apresenta exemplos de ações voltadas para o restabelecimento do equilíbrio ambiental por meio da análise do consumo energético nacional e mundial, enquanto o tópico *O ser humano e as alterações climáticas* apresenta um panorama das alterações climáticas nos últimos anos. Além disso, as atividades e o boxe *#Para interpretar* do capítulo *Gerando energia elétrica*, bem como as atividades do capítulo *O tempo, o clima e a ação humana*, propõem a análise e a argumentação acerca dos temas estudados.

Proposta de planejamento e cronograma para utilizar o volume

A seguir, apresentamos uma sugestão de cronograma, com organização por aula, bimestre, trimestre ou semestre.

Vale ressaltar que esse cronograma é uma sugestão, podendo ser alterado da maneira mais adequada à sua realidade escolar.

SITUAÇÕES DE ORGANIZAÇÃO			PARTE DO VOLUME		TEMPO ESTIMADO
1º semestre	1º trimestre	1º bimestre	Unidade 1	Abertura de unidade e Capítulo 1	2 semanas
				Capítulo 2	2 semanas
				Capítulo 3	2 semanas
				Capítulo 4	3 semanas
			Período para ajuste no planejamento (1 semana)		
	2º trimestre	2º bimestre	Unidade 2	Abertura de unidade e Capítulo 5	3 semanas
				Capítulo 6	3 semanas
				Capítulo 7	3 semanas
			Período para ajuste no planejamento (1 semana)		
2º semestre	3º trimestre	3º bimestre	Unidade 3	Abertura de unidade e Capítulo 8	3 semanas
				Capítulo 9	3 semanas
				Capítulo 10	3 semanas
			Período para ajuste no planejamento (1 semana)		
		4º bimestre	Unidade 4	Abertura de unidade e Capítulo 11	3 semanas
				Capítulo 12	3 semanas
				Capítulo 13	3 semanas
			Período para ajuste no planejamento (1 semana)		
TOTAL ANUAL			40 semanas letivas		

Volume 9

O último volume da coleção inicia com a unidade temática "Vida e evolução" da BNCC. A Unidade 1 – *Evolução biológica e genética* – trata das ideias evolucionistas no primeiro capítulo, comparando ideias de Lamarck e de Darwin. O Capítulo 2 trata da hereditariedade e da Genética, relacionando o material genético e a expressão das características nos seres vivos. O terceiro capítulo estuda aplicações da Genética, incluindo técnicas da Biotecnologia. O quarto e último capítulo da unidade trata da conservação da biodiversidade e de sua relação com o desenvolvimento sustentável.

A segunda unidade – *Composição da matéria* – se alinha à unidade temática "Matéria e energia" da BNCC. O Capítulo 5 estuda os principais modelos de estrutura da matéria em nível atômico. O Capítulo 6 aborda a radioatividade e sua aplicação na área da saúde. No Capítulo 7, são tratadas as mudanças de estado da matéria e sua associação com o grau de agregação das partículas. No Capítulo 8, o foco são as transformações químicas e sua simbologia.

A terceira unidade aborda as ondas, também na unidade temática "Matéria e energia" da BNCC. O Capítulo 9 inicia com o estudo do som, apresentando uma introdução aos elementos de uma onda e discutindo aplicações das ondas sonoras. No Capítulo 10, o foco são a luz e as cores, refletindo-se sobre o papel delas na sociedade atual. O Capítulo 11 encerra o estudo das ondas com foco nas ondas eletromagnéticos, no qual se busca compreender o espectro eletromagnético e identificar aplicações para as ondas eletromagnéticas.

A última unidade da coleção explora a Astronomia, com foco na unidade temática "Terra e Universo" da BNCC. O Capítulo 12 trata de Astronomia e cultura, reconhecendo a importância da leitura do céu em diferentes culturas. O Capítulo 13 trata do Sistema Solar e de sua localização no Universo. Por fim, o Capítulo 14 aborda a evolução estelar e a vida fora da Terra.

Sumário

UNIDADE 1 – Evolução biológica e Genética 8

CAPÍTULO 1 – Ideias evolucionistas 10

#Fixismo e transformismo 11
#As ideias de Lamarck 13
#As ideias de Darwin 16
#Experimentar 20
#Mimetismo e camuflagem 26
#Atividades 33

CAPÍTULO 2 – Hereditariedade e Genética 35

#Hereditariedade 36
#Os trabalhos de Mendel 37
#Atividades 44
#Determinação cromossômica do sexo 50
#Atividades 54

CAPÍTULO 3 – Aplicações da genética 57

#Histórico da Biotecnologia 58
#Biotecnologia depois da descrição do DNA 60
#Atividades 71

CAPÍTULO 4 – Conservação da biodiversidade 73

#Biodiversidade de dinâmica do planeta 74
#Biodiversidade e as atividades humanas 75
#Proteção da biodiversidade 78
#Unidades de conservação 79
#Sustentabilidade 85
#Pegada ecológica 87
#Atividades 88
#Mural de ideias 91

UNIDADE 2 – Composição da matéria 92

CAPÍTULO 5 – Do que é feita a matéria 94

#A partícula fundamental da matéria 95
#Experimentar 105
#Atividades 109

CAPÍTULO 6 – Radioatividade 110

#A identificação da radioatividade 111
#Aplicações da radioatividade 115
#Atividades 123

CAPÍTULO 7 – Mudanças de estado da matéria 124

#Estados de agregação da matéria 125
#Mudanças de estados de agregação 133
#Estados da matéria 136
#Atividades 138

CAPÍTULO 8 – Transformações químicas 140

#Representações das transformações químicas 141
#Leis ponderais 144
#Atividades 150
#Mural de ideias 151

UNIDADE 3 – Ondas 152

CAPÍTULO 9 – Som 154

#O que é uma onda? 155
#Experimentar 156
#Entendendo as características dos sons 163
#Atividades 166
#Falando e ouvindo 168
#O eco e suas aplicações 176
#Atividades 179

CAPÍTULO 10 – Luz e cores 183

#Reflexão, refração e absorção da luz 184
#Luz e cores 187
#Experimentar 190
#Luz, imagem e sociedade 191
#Atividades 200

CAPÍTULO 11 – Ondas eletromagnéticas 203

#Ondas mecânicas e ondas eletromagnéticas 204
#Espectro eletromagnético 208
#Ondas eletromagnéticas na comunicação e na saúde 214
#Atividades 218
#Mural de ideias 221

UNIDADE 4 – Astronomia 222

CAPÍTULO 12 – Astronomia e cultura 224

#Leituras do céu 225
#Atividades 242

CAPÍTULO 13 – Sistema Solar e Universo 243

#A compreensão do Universo está em transformação 244
#Atividades 254
#Sistemas planetários 255
#Sistema Solar 258
#Atividades 262

CAPÍTULO 14 – Evolução estelar e vida fora da Terra 265

#Olhando para um céu estrelado 266
#Estrelas e evolução estelar 269
#A vida ao redor das estrelas 277
#Atividades 283
#Mural de ideias 286

Competências gerais e específicas 287

Habilidades 287

Referências bibliográficas comentadas 288

SeventyFour/Shutterstock

As atividades práticas no ensino de Ciências favorecem a interatividade e o desenvolvimento de habilidades relacionadas à compreensão do método científico, bem como a assimilação mais efetiva do conteúdo.

Justificativa e pertinência do volume

Assim como nos demais volumes, a educação integral e a alfabetização científica e tecnológica guiaram a escolha dos objetivos do Volume 9. Na primeira unidade, o foco é a evolução biológica e genética, com objetivos acerca da compreensão da relação entre a evolução e a diversidade de espécies do planeta Terra, da compreensão da hereditariedade e da discussão da importância da manutenção da biodiversidade para a continuidade da vida humana na Terra, além da relação entre desenvolvimento sustentável e a conservação da biodiversidade, entre outros. Tais objetivos são pertinentes por abordarem questões éticas, políticas e científicas da sociedade, como a biotecnologia e a preservação da biodiversidade, e se justificam diante da valorização do conhecimento científico e do trabalho com competências e habilidades da BNCC.

A segunda unidade trata da composição da matéria, com objetivos relacionados aos principais modelos atômicos, à radioatividade e suas aplicações, aos principais fatores responsáveis pelas mudanças de estado de agregação da matéria e à simbologia aplicada nas equações químicas. Esses objetivos são pertinentes e visam proporcionar o desenvolvimento da ACT, com a escolha dos objetivos justificada diante das relações entre ciência, tecnologia e sociedade, da valorização do conhecimento historicamente sistematizado e do trabalho com competências e habilidades da BNCC que eles permitem explorar.

Na terceira unidade, as ondas são estudadas, com especial destaque para o som e a luz. Debater a poluição sonora; refletir sobre o papel da luz, das cores e das imagens na sociedade; e identificar aplicações para ondas eletromagnéticas são alguns dos objetivos dessa unidade, cuja pertinência está em contribuir com uma formação humana integral e com a ACT, na medida em que chama a atenção para questões ambientais e de saúde física e mental. A escolha dos objetivos se justifica pela gama de habilidades e competências que eles permitem trabalhar, pelas relações entre ciência, tecnologia e sociedade que podem ser exploradas e pela valorização do conhecimento científico na análise e tomada de decisão em situações do cotidiano e em questões relevantes para a sociedade, desde a escolha de fones de ouvido até o debate sobre mídias sociais e eventuais riscos no uso de telefones celulares à saúde.

Na última unidade do volume, a Astronomia é foco de atenção, com objetivos que envolvem reconhecer a importância da leitura do céu em diferentes culturas, a localização do Sistema Solar na galáxia e no Universo e a identificação de condições relacionadas à viabilidade de vida em outros sistemas planetários. A valorização do conhecimento científico, a discussão da natureza da ciência e o trabalho com as competências e habilidades da BNCC justificam a escolha desses e dos demais objetivos da unidade. Além disso, são objetivos pertinentes em virtude de trabalharem as dimensões científica, cultural, tecnológica e do trabalho, enfatizando ações dos seres humanos de diversas culturas para produzir e garantir sua própria existência, em uma formação integral que, como tal, considera as diversas dimensões do ser humano.

Objetivos

UNIDADE 1 – EVOLUÇÃO BIOLÓGICA E GENÉTICA	OBJETIVOS
Capítulo 1 – Ideias evolucionistas	• Diferenciar fixismo e transformismo. • Comparar as ideias evolucionistas de Lamarck e Darwin. • Reconhecer a relação entre o contexto histórico e o avanço dos conhecimentos científicos. • Compreender a relação entre a evolução e a diversidade de espécies do planeta Terra.
Capítulo 2 – Hereditariedade e Genética	• Compreender a hereditariedade nos seres vivos. • Compreender as ideias de Mendel sobre hereditariedade. • Relacionar o material genético à hereditariedade e à expressão das características nos seres vivos.
Capítulo 3 – Aplicações da Genética	• Compreender as principais técnicas da Biotecnologia e a importância delas no cotidiano. • Discutir o uso da Biotecnologia e sua aplicabilidade na vida humana.

Capítulo 4 – Conservação da biodiversidade	• Compreender a importância da preservação da biodiversidade e das unidades de conservação nesse processo. • Discutir a importância da manutenção da biodiversidade para a continuidade da vida humana na Terra. • Analisar a relação entre desenvolvimento sustentável e a conservação da biodiversidade.
UNIDADE 2 – COMPOSIÇÃO DA MATÉRIA	**OBJETIVOS**
Capítulo 5 – Do que é feita a matéria	• Reconhecer os principais modelos de estrutura da matéria em nível atômico ao longo da história.
Capítulo 6 - Radioatividade	• Identificar os principais eventos históricos que proporcionaram descobertas importantes nos estudos das radiações e da estrutura da matéria. • Reconhecer os avanços tecnológicos que permitiram a aplicação da radioatividade na área da saúde.
Capítulo 7 – Mudanças de estado da matéria	• Associar o grau de agregação das partículas a cada estado de agregação da matéria. • Reconhecer os principais fatores responsáveis pelas mudanças de estado de agregação da matéria.
Capítulo 8 – Transformações químicas	• Reconhecer a simbologia aplicada nas equações químicas. • Analisar as transformações químicas com base nas relações de massa entre as substâncias envolvidas.
UNIDADE 3 – ONDAS	**OBJETIVOS**
Capítulo 9 – Som	• Identificar elementos de uma onda. • Debater a poluição sonora. • Diferenciar infrassons e ultrassons. • Reconhecer aplicações das ondas sonoras.
Capítulo 10 – Luz e cores	• Refletir sobre o papel da luz, das cores e das imagens na sociedade. • Identificar os principais fenômenos que ocorrem com a luz. • Compreender a relação entre luz e cor.
Capítulo 11 – Ondas eletromagnéticas	• Diferenciar ondas mecânicas de ondas eletromagnéticas. • Compreender o espectro eletromagnético. • Identificar aplicações para as ondas eletromagnéticas. • Debater relações entre ciência, tecnologia e sociedade.
UNIDADE 4 – ASTRONOMIA	**OBJETIVOS**
Capítulo 12 – Astronomia e cultura	• Reconhecer a importância da leitura do céu em diferentes culturas. • Reconhecer usos práticos e simbólicos de constelações. • Compreender formas de investigar cientificamente o Universo.
Capítulo 13 – Sistema Solar e Universo	• Compreender a evolução do conhecimento sobre a origem da Terra, do Sol e do Universo. • Descrever a estrutura e a composição de sistemas planetários. • Identificar os corpos que compõem o Sistema Solar e reconhecer algumas de suas propriedades. • Localizar o Sistema Solar na galáxia e no Universo.
Capítulo 14 – Evolução estelar e a vida fora da Terra	• Reconhecer estrelas e propriedades físicas relacionadas à classificação estelar. • Compreender o ciclo de vida de uma estrela. • Identificar condições relacionadas à viabilidade de vida em outros sistemas planetários.

Caderno da BNCC para o(a) professor(a): competências e habilidades da BNCC

A seguir, identificamos todas as competências gerais, as competências específicas e as habilidades da BNCC que são trabalhadas no volume. Além disso, apresentamos alguns exemplos de como e em quais momentos esse trabalho ocorre. Já nas *Orientações didáticas* da reprodução do Livro do Estudante, apresentamos de forma mais detalhada o trabalho com as competências e as habilidades, página a página.

Competências gerais

COMPETÊNCIAS GERAIS	EXEMPLOS GERAIS DE COMO SÃO TRABALHADAS
1 Valorizar e utilizar os conhecimentos historicamente construídos sobre o mundo físico, social, cultural e digital para entender e explicar a realidade, continuar aprendendo e colaborar para a construção de uma sociedade justa, democrática e inclusiva.	A abordagem dos itens destacados permite aos estudantes mobilizar conhecimentos historicamente construídos sobre o mundo físico para compreender os fenômenos relacionados à evolução, à constituição da matéria e à constituição do Universo, conclusões que foram apreendidas pela humanidade ao longo da história.
2 Exercitar a curiosidade intelectual e recorrer à abordagem própria das ciências, incluindo a investigação, a reflexão, a análise crítica, a imaginação e a criatividade, para investigar causas, elaborar e testar hipóteses, formular e resolver problemas e criar soluções (inclusive tecnológicas) com base nos conhecimentos das diferentes áreas.	Ao longo do volume, as atividades propostas, principalmente na seção *#Experimentar* e nos boxes *#Para refletir*, dispondo de estratégias diversificadas conforme o objeto do conhecimento mobilizado, oferecem momentos de exercício da curiosidade intelectual e de prática da abordagem própria das Ciências.
3 Valorizar e fruir as diversas manifestações artísticas e culturais, das locais às mundiais, e também participar de práticas diversificadas da produção artístico-cultural.	No capítulo *Som*, há a valorização da música e de cantores nacionais, a fruição da escultura de Eco e a relação do mito grego com o conceito científico. Luz e cor são tratadas por meio da obra da artista peruana Cecilia Paredes e também com a presença de trabalhos do artista indiano Anish Kapoor e do chinês Liu Bolin no capítulo *Luz e cores*. A abordagem do capítulo *Astronomia e cultura* relaciona as leituras do céu e explicações sobre a origem do Universo por diferentes culturas por meio da análise de produções culturais como obras visuais, construções, mitos e filmes. Além disso, no capítulo *Evolução estelar e a vida fora da Terra* os estudantes são convidados a ler um trecho da obra *Guerra dos Mundos*, de H. G. Wells, e analisá-lo.
4 Utilizar diferentes linguagens – verbal (oral ou visual-motora, como Libras, e escrita), corporal, visual, sonora e digital –, bem como conhecimentos das linguagens artística, matemática e científica, para se expressar e partilhar informações, experiências, ideias e sentimentos em diferentes contextos e produzir sentidos que levem ao entendimento mútuo.	Ao longo do volume, são reservados momentos, em especial em itens da seção *#Atividades*, de produção e disseminação de material de divulgação, utilizando diferentes linguagens.
5 Compreender, utilizar e criar tecnologias digitais de informação e comunicação de forma crítica, significativa, reflexiva e ética nas diversas práticas sociais (incluindo as escolares) para se comunicar, acessar e disseminar informações, produzir conhecimentos, resolver problemas e exercer protagonismo e autoria na vida pessoal e coletiva.	A compreensão e a utilização de tecnologias digitais estão presentes na abertura do capítulo *Som*, ao se pedir aos estudantes que procurem na internet por áudios que reproduzem sons da natureza e sons da cidade, ouvi-los e analisá-los de maneira crítica e reflexiva. Também na atividade 5 da página 167 é requisitada uma pesquisa sobre notícias sobre surdez para análise crítica e disseminação da informação. No capítulo *Sistema Solar e Universo*, tecnologias digitais de informação e comunicação são usadas em duas atividades para acessar informações e produzir conhecimentos. No capítulo *Evolução estelar e a vida fora da Terra*, formulários, planilha eletrônica e editor de texto podem ser utilizados para a confecção, a distribuição e a análise de um questionário.

COMPETÊNCIAS GERAIS	EXEMPLOS GERAIS DE COMO SÃO TRABALHADAS
6 Valorizar a diversidade de saberes e vivências culturais e apropriar-se de conhecimentos e experiências que lhe possibilitem entender as relações próprias do mundo do trabalho e fazer escolhas alinhadas ao exercício da cidadania e ao seu projeto de vida, com liberdade, autonomia, consciência crítica e responsabilidade.	A abordagem do capítulo *Astronomia e cultura* é permeada por uma análise das leituras do céu e explicações sobre a origem do Universo por diferentes culturas por meio da análise de produções culturais como obras visuais, construções, mitos e filmes. Também o texto *Nem todo surdo é mudo*, do capítulo *Som* permite a valorização de vivências diversas e expande as possibilidades de compreensão dos campos da linguagem e da comunicação. No capítulo *Luz e cores*, a apropriação de conhecimentos para entender escolhas de iluminação pública e iluminação de carnes também é abordada com o viés de exercício da cidadania, consciência crítica e responsabilidade, inclusive permitindo a compreensão de decisões tomadas por profissionais desse campo de trabalho.
7 Argumentar com base em fatos, dados e informações confiáveis, para formular, negociar e defender ideias, pontos de vista e decisões comuns que respeitem e promovam os direitos humanos, a consciência socioambiental e o consumo responsável em âmbito local, regional e global, com posicionamento ético em relação ao cuidado de si mesmo, dos outros e do planeta.	Ao longo do volume, são reservados momentos, em especial em itens da seção *#Atividades* e dos boxes *#Para refletir* e *#Para interpretar*, para o exercício da argumentação baseada em fatos, dados e informações confiáveis, com grande enfoque na avaliação de aplicações e implicações políticas, socioambientais e culturais da ciência e de suas tecnologias.
8 Conhecer-se, apreciar-se e cuidar de sua saúde física e emocional, compreendendo-se na diversidade humana e reconhecendo suas emoções e as dos outros, com autocrítica e capacidade para lidar com elas.	O cuidado com a própria saúde auditiva e da fala está presente no texto e em atividades do capítulo *Som*. No capítulo *Luz e cores*, ao propor a reflexão a respeito da exploração da imagem nas redes sociais, o autoconhecimento, em especial das emoções, é estimulado. No capítulo *Evolução estelar e a vida fora da Terra*, o autoconhecimento sobre as emoções é trabalhado na atividade 8.
9 Exercitar a empatia, o diálogo, a resolução de conflitos e a cooperação, fazendo-se respeitar e promovendo o respeito ao outro e aos direitos humanos, com acolhimento e valorização da diversidade de indivíduos e de grupos sociais, seus saberes, identidades, culturas e potencialidades, sem preconceitos de qualquer natureza.	No capítulo *Som*, a empatia e a valorização da diversidade são enfatizadas na abordagem do som, por meio de exemplos de surdos aprendendo a tocar instrumentos musicais e mochilas sensoriais para a fruição de *shows*, desestimulando preconceitos relacionados a deficiências auditivas ou de fala. No capítulo *Astronomia e cultura*, as diferentes leituras do céu evidenciam a existência de diferentes culturas que devem ser respeitadas e com as quais é possível estabelecer diálogos relacionados ao conhecimento científico. Também a leitura da Lua como um homem alimentado por suas esposas é problematizada, promovendo a reflexão sobre identidades e preconceitos. No capítulo *Evolução estelar e a vida fora da Terra*, o diálogo e a resolução de conflitos são exercitados para a discussão do papel e da responsabilidade da mídia.
10 Agir pessoal e coletivamente com autonomia, responsabilidade, flexibilidade, resiliência e determinação, tomando decisões com base em princípios éticos, democráticos, inclusivos, sustentáveis e solidários.	Ao abordar questões relativas à preservação ambiental, atitudes pessoal e coletivamente responsáveis são estimuladas. Ao refletir sobre o papel da mulher a partir de um mito no capítulo *Astronomia e cultura*, também podem estar presentes ações ou tomadas de decisão, baseadas em princípios éticos, inclusivos e solidários. No capítulo *Sistema Solar e Universo*, ações individuais de argumentação e diálogo com base em princípios éticos, democráticos e solidários são propostas em uma atividade que visa o combate ao negacionismo científico. No capítulo *Evolução estelar e a vida fora da Terra*, o papel e a responsabilidade da mídia são alvo de debate, tendo como base princípios éticos e democráticos.

Competências específicas

COMPETÊNCIAS ESPECÍFICAS	EXEMPLOS GERAIS DE COMO SÃO TRABALHADAS
1 Compreender as Ciências da Natureza como empreendimento humano, e o conhecimento científico como provisório, cultural e histórico.	A abordagem dos itens destacados permite aos estudantes mobilizar conhecimentos historicamente construídos sobre o mundo físico para compreender os fenômenos relacionados à evolução, à constituição da matéria, aos sons, às cores e à constituição do Universo, conclusões que foram apreendidas pela humanidade ao longo da história.
2 Compreender conceitos fundamentais e estruturas explicativas das Ciências da Natureza, bem como dominar processos, práticas e procedimentos da investigação científica, de modo a sentir segurança no debate de questões científicas, tecnológicas, socioambientais e do mundo do trabalho, continuar aprendendo e colaborar para a construção de uma sociedade justa, democrática e inclusiva.	Ao longo do volume, as atividades propostas, principalmente na seção *#Experimentar*, dispondo de estratégias diversificadas conforme o objeto do conhecimento mobilizado, oferecem momentos de prática de processos relativos à investigação científica.
3 Analisar, compreender e explicar características, fenômenos e processos relativos ao mundo natural, social e tecnológico (incluindo o digital), como também as relações que se estabelecem entre eles, exercitando a curiosidade para fazer perguntas, buscar respostas e criar soluções (inclusive tecnológicas) com base nos conhecimentos das Ciências da Natureza.	A abordagem dos itens destacados possibilita aos estudantes analisar, compreender e explicar características e fenômenos relativos ao mundo social por meio do exercício da curiosidade, da observação, do diálogo e da investigação.
4 Avaliar aplicações e implicações políticas, socioambientais e culturais da ciência e de suas tecnologias para propor alternativas aos desafios do mundo contemporâneo, incluindo aqueles relativos ao mundo do trabalho.	Ao longo do volume, são reservados momentos, em especial em itens da seção *#Atividades* e dos boxes *#Para refletir* e *#Para interpretar*, para exercício da argumentação baseada em fatos, dados e informações confiáveis, com grande enfoque na avaliação de aplicações e implicações políticas, socioambientais e culturais da ciência e de suas tecnologias.
5 Construir argumentos com base em dados, evidências e informações confiáveis e negociar e defender ideias e pontos de vista que promovam a consciência socioambiental e o respeito a si próprio e ao outro, acolhendo e valorizando a diversidade de indivíduos e de grupos sociais, sem preconceitos de qualquer natureza.	Na seção *#Atividades* e nos boxes *#Para interpretar*, os estudantes são requisitados a argumentar e defender pontos de vista que valorizem a diversidade e promovam o respeito ao outro.
6 Utilizar diferentes linguagens e tecnologias digitais de informação e comunicação para se comunicar, acessar e disseminar informações, produzir conhecimentos e resolver problemas das Ciências da Natureza de forma crítica, significativa, reflexiva e ética.	Ao longo do volume, são reservados momentos, em especial em itens da seção *#Atividades*, de produção e disseminação de material de divulgação utilizando diferentes linguagens.
7 Conhecer, apreciar e cuidar de si, do seu corpo e bem-estar, compreendendo-se na diversidade humana, fazendo-se respeitar e respeitando o outro, recorrendo aos conhecimentos das Ciências da Natureza e às suas tecnologias.	O cuidado com a própria saúde auditiva e da fala está presente no texto e em atividades do capítulo *Som*. No capítulo *Luz e cores*, ao se propor a reflexão a respeito da exploração da imagem nas redes sociais, o autoconhecimento, em especial das emoções, é estimulado. No capítulo *Ondas eletromagnéticas*, o cuidado de si na exposição à radiação ultravioleta também é abordado. No capítulo *Sistema Solar e Universo*, o respeito ao outro está presente ao se debaterem negacionismos científicos, assim como o cuidado de si e do outro levando em conta as reações que mídias e redes sociais podem promover.
8 Agir pessoal e coletivamente com respeito, autonomia, responsabilidade, flexibilidade, resiliência e determinação, recorrendo aos conhecimentos das Ciências da Natureza para tomar decisões frente a questões científico-tecnológicas e socioambientais e a respeito da saúde individual e coletiva, com base em princípios éticos, democráticos, sustentáveis e solidários.	Ao se abordarem questões relativas à preservação ambiental, atitudes pessoal e coletivamente responsáveis são estimuladas. Ao refletir sobre o papel da mulher a partir de um mito no capítulo *Astronomia e cultura*, também podem estar presentes ações ou tomadas de decisão baseadas em princípios éticos, inclusivos e solidários. No capítulo *Sistema Solar e Universo*, ações individuais de argumentação e diálogo, com base em princípios éticos, democráticos e solidários, são propostas em uma atividade que visa o combate ao negacionismo científico.

Habilidades

HABILIDADES	EXEMPLOS GERAIS DE COMO SÃO TRABALHADAS
EF09CI01 Investigar as mudanças de estado físico da matéria e explicar essas transformações com base no modelo de constituição submicroscópica.	Partindo da definição dos estados da matéria por meio do conceito de grau de agregação, o capítulo *Mudanças de estado da matéria* correlaciona as mudanças de estado e o modelo de constituição submicroscópica da matéria. Além disso, as atividades do capítulo propõem a análise e a argumentação acerca dos temas estudados.
EF09CI02 Comparar quantidades de reagentes e produtos envolvidos em transformações químicas, estabelecendo a proporção entre as suas massas.	O tópico *Leis ponderais* apresenta as principais leis que descrevem as relações de proporcionalidade entre as quantidades de reagentes e produtos envolvidos em transformações químicas. Além disso, as atividades do capítulo *Transformações químicas* propõem a análise e a argumentação acerca dos temas estudados.
EF09CI03 Identificar modelos que descrevem a estrutura da matéria (constituição do átomo e composição de moléculas simples) e reconhecer sua evolução histórica.	O capítulo *Do que é feita a matéria* descreve os principais modelos atômicos propostos ao longo da história da ciência, apresentando os contextos científicos da época de cada proposição e suas implicações científicas e tecnológicas. Já o capítulo *Radioatividade*, especialmente o tópico *A identificação da radioatividade*, destaca a importância dos trabalhos sobre as emissões nucleares para a compreensão do átomo. Além disso, as atividades dos capítulos propõem a análise e a argumentação acerca dos temas estudados.
EF09CI04 Planejar e executar experimentos que evidenciem que todas as cores de luz podem ser formadas pela composição das três cores primárias da luz e que a cor de um objeto está relacionada também à cor da luz que o ilumina.	O capítulo *Luz e cores* explora a relação entre luz e cor, e a seção *#Experimentar* oferece a oportunidade de executar um experimento que evidencie que todas as cores de luz podem ser formadas pela composição das três cores primárias da luz e que a cor de um objeto está relacionada também à cor que o ilumina. Além disso, as atividades do capítulo propõem a análise e a argumentação acerca dos temas estudados.
EF09CI05 Investigar os principais mecanismos envolvidos na transmissão e recepção de imagem e som que revolucionaram os sistemas de comunicação humana.	O capítulo *Som*, em sua totalidade, e os tópicos *Luz, imagem e sociedade*, do capítulo *Luz e cores*, e *Som e Ondas eletromagnéticas na comunicação e na saúde*, do capítulo *Ondas eletromagnéticas*, promovem a compreensão de como o som e a imagem são formados, transmitidos e captados, especialmente pelos humanos, e suas implicações para a comunicação humana. Além disso, as atividades dos capítulos propõem a análise e a argumentação acerca dos temas estudados.
EF09CI06 Classificar as radiações eletromagnéticas por suas frequências, fontes e aplicações, discutindo e avaliando as implicações de seu uso em controle remoto, telefone celular, raio X, forno de micro-ondas, fotocélulas etc.	O tópico *Ondas mecânicas e ondas eletromagnéticas* apresenta os principais conceitos relacionados às radiações eletromagnéticas, e as atividades do capítulo *Ondas eletromagnéticas* exploram mais a fundo a classificação das radiações eletromagnéticas por suas frequências, fontes e aplicações.
EF09CI07 Discutir o papel do avanço tecnológico na aplicação das radiações na medicina diagnóstica (raio X, ultrassom, ressonância nuclear magnética) e no tratamento de doenças (radioterapia, cirurgia ótica a laser, infravermelho, ultravioleta etc.).	Os tópicos *Aplicações da radioatividade* e *Ondas eletromagnéticas na comunicação e na saúde* apresentam as principais aplicações das radiações na produção de energia, na Medicina diagnóstica, no tratamento de doenças e na conservação de alimentos. Além disso, as atividades dos capítulos *Radioatividade*, *Som* e *Ondas eletromagnéticas* propõem a análise e a argumentação acerca dos temas estudados.
EF09CI08 Associar os gametas à transmissão das características hereditárias, estabelecendo relações entre ancestrais e descendentes.	O capítulo *Hereditariedade e Genética* promove, em toda sua extensão, a associação entre os gametas e a hereditariedade, enquanto o capítulo *Aplicações da Genética* promove a discussão acerca do uso desses conhecimentos no campo da Biotecnologia. Além disso, as atividades dos capítulos propõem a análise e a argumentação acerca dos temas estudados.

HABILIDADES	EXEMPLOS GERAIS DE COMO SÃO TRABALHADAS
EF09CI09 Discutir as ideias de Mendel sobre hereditariedade (fatores hereditários, segregação, gametas, fecundação), considerando-as para resolver problemas envolvendo a transmissão de características hereditárias em diferentes organismos.	O tópico *Os trabalhos de Mendel* apresenta os principais conceitos relacionados à hereditariedade propostos por Mendel, e as atividades do capítulo *Hereditariedade e Genética* propõem a resolução de problemas envolvendo a transmissão de características hereditárias em diferentes organismos.
EF09CI10 Comparar as ideias evolucionistas de Lamarck e Darwin apresentadas em textos científicos e históricos, identificando semelhanças e diferenças entre essas ideias e sua importância para explicar a diversidade biológica.	Os tópicos *As ideias de Lamarck* e *As ideias de Darwin* fornecem subsídios para a comparação das ideias evolucionistas e da diversidade biológica. Além disso, as atividades do capítulo *Ideias evolucionistas* propõem a análise e a argumentação acerca dos temas estudados.
EF09CI11 Discutir a evolução e a diversidade das espécies com base na atuação da seleção natural sobre as variantes de uma mesma espécie, resultantes de processo reprodutivo.	O tópico *As ideias de Darwin* apresenta os conceitos de adaptação e seleção natural dentro da teoria evolutiva de Darwin, e a seção *#Experimentar* do capítulo *Ideias evolucionistas* oferece a oportunidade de simular algumas observações feitas por Darwin nas ilhas Galápagos que contribuíram para a formulação dessa teoria. Além disso, as atividades do capítulo propõem a análise e a argumentação acerca dos temas estudados.
EF09CI12 Justificar a importância das unidades de conservação para a preservação da biodiversidade e do patrimônio nacional, considerando os diferentes tipos de unidades (parques, reservas e florestas nacionais), as populações humanas e as atividades a eles relacionados.	O capítulo *Conservação da biodiversidade*, em especial o tópico *Unidades de conservação*, apresenta a importância desses espaços para a preservação da biodiversidade. Além disso, suas atividades propõem a análise e a argumentação acerca dos temas estudados.
EF09CI13 Propor iniciativas individuais e coletivas para a solução de problemas ambientais da cidade ou da comunidade, com base na análise de ações de consumo consciente e de sustentabilidade bem-sucedidas.	Os tópicos *Sustentabilidade* e *Pegada ecológica* fornecem subsídios para que os estudantes reflitam sobre iniciativas individuais e coletivas para questões socioambientais, como nas atividades do capítulo *Conservação da biodiversidade*, em especial, do boxe *#Para refletir*.
EF09CI14 Descrever a composição e a estrutura do Sistema Solar (Sol, planetas rochosos, planetas gigantes gasosos e corpos menores), assim como a localização do Sistema Solar na nossa Galáxia (a Via Láctea) e dela no Universo (apenas uma galáxia dentre bilhões).	O capítulo *Sistema Solar e Universo* discute as principais conclusões humanas acerca da composição do Sistema Solar e de sua localização na galáxia e no Universo. Além disso, as atividades do capítulo propõem a análise e a argumentação acerca dos temas estudados.
EF09CI15 Relacionar diferentes leituras do céu e explicações sobre a origem da Terra, do Sol ou do Sistema Solar às necessidades de distintas culturas (agricultura, caça, mito, orientação espacial e temporal etc.).	O capítulo *Astronomia e cultura* relaciona as leituras do céu e explicações sobre a origem do Universo elaboradas por diferentes culturas por meio da análise de produções culturais, como obras visuais, construções, mitos e filmes. Além disso, as atividades do capítulo propõem a análise e a argumentação acerca dos temas estudados.
EF09CI16 Selecionar argumentos sobre a viabilidade da sobrevivência humana fora da Terra, com base nas condições necessárias à vida, nas características dos planetas e nas distâncias e nos tempos envolvidos em viagens interplanetárias e interestelares.	O tópico *A vida ao redor das estrelas*, do capítulo *Evolução estelar e a vida fora da Terra*, explora o conceito de zona habitável para fornecer subsídios à seleção de argumentos sobre a habilidade da sobrevivência humana fora da Terra. Além disso, as atividades do capítulo propõem a análise e a argumentação acerca dos temas estudados.
EF09CI17 Analisar o ciclo evolutivo do Sol (nascimento, vida e morte) baseado no conhecimento das etapas de evolução de estrelas de diferentes dimensões e os efeitos desse processo no nosso planeta.	O tópico *Estrelas e evolução estelar*, do capítulo *Evolução estelar e a vida fora da Terra,* apresenta os estágios da vida de uma estrela, destacando informações sobre o Sol. Além disso, as atividades do capítulo propõem a análise e a argumentação acerca dos temas estudados.

Proposta de planejamento e cronograma para utilizar o volume

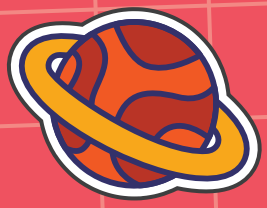
A seguir, apresentamos uma sugestão de cronograma, com organização por aula, bimestre, trimestre ou semestre.

Vale ressaltar que esse cronograma é uma sugestão, podendo ser alterado da maneira mais adequada à sua realidade escolar.

SITUAÇÕES DE ORGANIZAÇÃO			PARTE DO VOLUME		TEMPO ESTIMADO
1º semestre	1º trimestre	1º bimestre	Unidade 1	Abertura de unidade e Capítulo 1	2 semanas
				Capítulo 2	2 semanas
				Capítulo 3	2 semanas
				Capítulo 4	3 semanas
			Período para ajuste no planejamento (1 semana)		
	2º trimestre	2º bimestre	Unidade 2	Abertura de unidade e Capítulo 5	3 semanas
				Capítulo 6	3 semanas
				Capítulo 7	3 semanas
			Período para ajuste no planejamento (1 semana)		
2º semestre		3º bimestre	Unidade 3	Abertura de unidade e Capítulo 8	3 semanas
				Capítulo 9	3 semanas
				Capítulo 10	3 semanas
			Período para ajuste no planejamento (1 semana)		
	3º trimestre	4º bimestre	Unidade 4	Abertura de unidade e Capítulo 11	3 semanas
				Capítulo 12	2 semanas
				Capítulo 13	2 semanas
				Capítulo 14	2 semanas
			Período para ajuste no planejamento (1 semana)		
TOTAL ANUAL			40 semanas letivas		

#SOU+CIÊNCIAS

Componente curricular: Ciências • Ensino Fundamental – Anos Finais



9º ANO

Alysson Ramos Artuso

Doutor em Métodos Numéricos em Engenharia pela Universidade Federal do Paraná (UFPR)

Mestre em Educação e licenciado em Física pela UFPR

Atuou como professor de Ciências e Física na rede particular de ensino

Professor de Educação Básica na rede pública de ensino

Angela Cristina Raimondi

Doutora e mestra em Química, área de concentração em Química Inorgânica, pela Universidade Federal do Paraná (UFPR)

Licenciada em Química pela UFPR

Professora de Química no ensino médio e superior na rede particular de ensino

Luciane Lazzarini

Mestra em Ciências Biológicas, área de concentração em Bioquímica, pela Universidade Federal do Paraná (UFPR)

Especialista em Educação, Meio Ambiente e Desenvolvimento e bacharela em Ciências Biológicas pela UFPR

Atuou como professora de Ciências, Biologia e Bioquímica nas redes pública e particular de ensino

Vilmarise Bobato

Licenciada em Ciências Biológicas pela Universidade Estadual de Ponta Grossa (UEPG-PR)

Doutora e mestra em Educação Científica e Tecnológica pela Universidade Federal de Santa Catarina (UFSC)

Atuou como professora de Ciências e Biologia na rede pública de ensino

1ª edição, São Paulo, 2022

editora scipione

Reprodução do Livro do Estudante em tamanho reduzido.

editora scipione

Direção executiva: Flávia Bravin

Direção de negócio: Volnei Korzenieski

Gestão editorial: Alice Ribeiro Silvestre

Gestão de planejamento: Eduardo Kruel Rodrigues

Gestão de projeto digital: Tatiany Renó

Gestão de área: Daniela Teves Nardi

Coordenação de área: Lucas Augusto Jardim

Edição: Regina A. Melo Garcia, Thaís de Oliveira dos Santos, Larissa Prada, Susan Bruna Carneiro Aragão Mendes e Rogério Fernandes Cantelli (digital)

Revisão técnica: Vivian Lavander Mendonça

Planejamento e controle de produção: Vilma Rossi, Camila Cunha, Adriana Souza e Isabela Salustriano

Revisão: Mariana Braga de Milani (ger.), Flavia S. Venezio, Patricia Cordeiro, Sueli Bossi e Vanessa P. Santos

Arte: Claudio Faustino (ger.), Erika Tiemi Yamauchi (coord.), Renato Akira dos Santos (edição de arte), JS Design (diagramação)

Iconografia e tratamento de imagens: Roberto Silva (ger.), Claudia Balista e Marcella Doratioto (pesquisa iconográfica), Emerson de Lima (tratamento de imagens)

Direitos autorais: Fernanda Carvalho (coord.), Emília Yamada, Erika Ramires e Carolyne Ribeiro

Licenciamento de conteúdos de terceiros: Erika Ramires e Tempo Composto Ltda.

Ilustrações: Estúdio Ornitorrinco, Hector Gómez, Raul Aguiar, R2 Editorial e YAN Comunicação

Cartografia: Mouses Sagiorato e Vespúcio Cartografia

Design: Noctua Art (proj. gráfico e capa), Luis Vassallo (Manual do Professor)

Foto de capa: LWA/Dann Tardif/Getty Images

Pré-impressão: Alessandro de Oliveira Queiroz, Pamela Pardini Nicastro, Débora Fernandes de Menezes, Fernanda de Oliveira e Valmir da Silva Santos

Todos os direitos reservados por Editora Scipione S.A.

Alameda Santos, 960, 4º andar, setor 2
Cerqueira César – São Paulo – SP – CEP 01418-002
Tel.: 4003-3061
www.edocente.com.br
atendimento@aticascipione.com.br

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP)

```
   #Sou+Ciências : 9º ano / Alysson Ramos Artuso...[et al].
-- 1. ed. -- São Paulo : Scipione, 2022.
   (#Sou+Ciências)


Outros autores: Angela Cristina Raimondi, Luciane Lazzarini
e Vilmarise Bobato
Bibliografia
Suplementado pelo manual do professor
ISBN 978-65-5763-263-5 (aluno)
ISBN 978-65-5763-264-2 (professor)

1. Ciências (Ensino fundamental - Anos finais) I. Artuso,
Alysson Ramos

22-2435                                          CDD 372.35
```

Angélica Ilacqua - CRB-8/7057

2022
Código da obra CL 720448
CAE 798167 (AL) / 798168 (PR)
1ª edição
1ª impressão
De acordo com a BNCC.

Envidamos nossos melhores esforços para localizar e indicar adequadamente os créditos dos textos e imagens presentes nesta obra didática. Colocamo-nos à disposição para avaliação de eventuais irregularidades ou omissões de créditos e consequente correção nas próximas edições. As imagens e os textos constantes nesta obra que, eventualmente, reproduzam algum tipo de material de publicidade ou propaganda, ou a ele façam alusão, são aplicados para fins didáticos e não representam recomendação ou incentivo ao consumo.

Impressão e acabamento

Reprodução do Livro do Estudante em tamanho reduzido.

Apresentação

Prezado(a) estudante,

Vacina, telefone celular, estação espacial, aquecimento global, genética, geração de energia, medicamentos, tratamento de água, alimentação... Esses são só alguns assuntos com os quais nos deparamos na nossa vida em sociedade.

As Ciências da Natureza têm a ver com todos esses assuntos e muito mais – economia, política, tecnologia, cultura – tudo se soma para compreendermos como o mundo funciona!

Por isso, este livro vai ajudar você a conhecer e compreender os conhecimentos das Ciências da Natureza, relacionando-os ao seu dia a dia. No entanto, para que isso aconteça, é imprescindível a sua participação e a colaboração com os colegas, os professores e a comunidade

É importante seguir nesse caminho sem medo de errar, pois as próprias ciências podem errar, mas estão em constante revisão e aperfeiçoamento. Assim também é o conhecimento que vamos adquirindo ao longo da vida.

Aproveite esta oportunidade para aguçar a sua curiosidade, ampliar seus questionamentos e, assim, entender melhor o mundo, o ambiente e a si mesmo. Vamos lá?

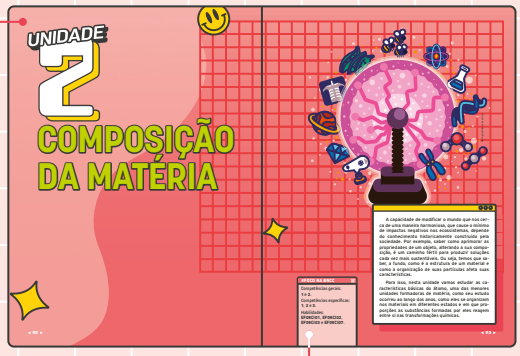
Os autores

Reprodução do Livro do Estudante em tamanho reduzido.

Conheça seu livro

ABERTURA DE UNIDADE

Apresenta uma ilustração e um breve texto introdutório para mobilização dos temas abordados na unidade.

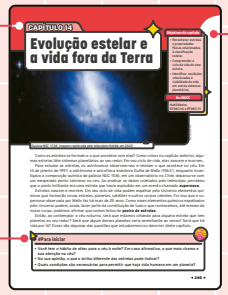


#Foco na BNCC

Apresenta os códigos das habilidades, as competências gerais e as competências específicas da BNCC trabalhadas na unidade.

CAPÍTULO

Apresenta uma imagem e um texto introdutório para mobilizar o assunto tratado no capítulo.



Objetivos do capítulo e da BNCC

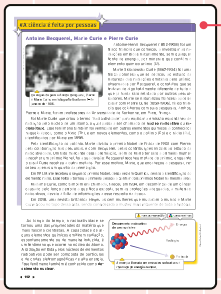
Neste boxe, você encontrará os objetivos de aprendizagem pretendidos para o capítulo, além das habilidades da BNCC trabalhadas.

#Para iniciar

Aqui você encontra questões que mobilizarão o que já conhece do assunto trabalhado no capítulo.

#Integrando as Ciências

Aqui você encontra textos que relacionam as diversas áreas das Ciências.

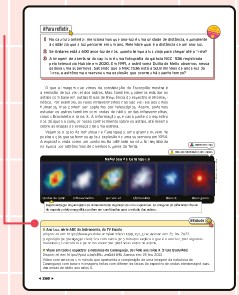


#A ciência é feita por pessoas

Aqui você saberá mais como a ciência é construída pelas mais diversas pessoas.

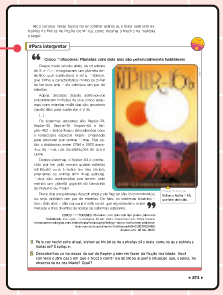
Reprodução do Livro do Estudante em tamanho reduzido.

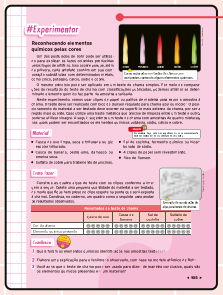
#Estude +
Aqui você encontra sugestões de livros, filmes, vídeos, *sites* e reportagens para aprofundar seu conhecimento.



#Para refletir
Neste boxe, você terá a oportunidade de refletir sobre os assuntos trabalhados no capítulo.

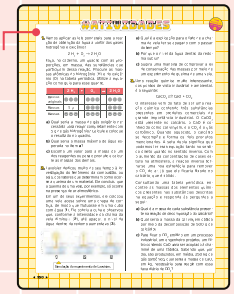
#Para interpretar
Neste boxe, você terá acesso a questões de interpretação de textos.

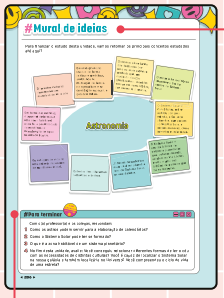




#Experimentar
Aqui você encontra propostas de atividades práticas ou investigativas que abordam o conteúdo estudado.

#Atividades
Nesta seção, você encontra atividades que retomam, consolidam e aprofundam os conteúdos abordados no capítulo.





#Mural de ideias
Ao final de cada unidade, você encontrará em formato de esquema o resumo do que foi estudado.

#Para terminar
Neste boxe, você vai ter contato com questões que encerram o conteúdo da unidade.

Ícone

GRUPO — Utilizado quando a atividade deve ser realizada em grupo.

Selos

NÃO ESCREVA NO LIVRO

ATENÇÃO! Realize essa atividade apenas com a supervisão de um adulto.

CORES FANTASIA

FORA DE PROPORÇÃO

FORA DE PROPORÇÃO E DISTÂNCIAS

Glossário
Aqui você compreende e amplia seu repertório de palavras.

Reprodução do Livro do Estudante em tamanho reduzido.

Sumário

UNIDADE 1

EVOLUÇÃO BIOLÓGICA E GENÉTICA 8

CAPÍTULO 1 Ideias evolucionistas 10

#Fixismo e transformismo, **11**
#As ideias de Lamarck, **13**
#As ideias de Darwin, **16**
#Experimentar, **20**
#Mimetismo e camuflagem, **26**
#Atividades, **33**

CAPÍTULO 2 Hereditariedade e Genética 35

#Hereditariedade, **36**
#Os trabalhos de Mendel, **37**
#Atividades, **44**
#Determinação cromossômica do sexo, **50**
#Atividades, **54**

CAPÍTULO 3 Aplicações da genética 57

#Histórico da Biotecnologia, **58**
#Biotecnologia depois da descrição do DNA, **60**
#Atividades, **71**

CAPÍTULO 4 Conservação da biodiversidade 73

#Biodiversidade de dinâmica do planeta, **74**
#Biodiversidade e as atividades humanas, **75**
#Proteção da biodiversidade, **78**
#Unidades de conservação, **79**
#Sustentabilidade, **85**
#Pegada ecológica, **87**
#Atividades, **88**
#Mural de ideias, **91**

UNIDADE 2

COMPOSIÇÃO DA MATÉRIA 92

CAPÍTULO 5 Do que é feita a matéria 94

#A partícula fundamental da matéria, **95**
#Experimentar, **105**
#Atividades, **109**

CAPÍTULO 6 Radioatividade 110

#A identificação da radioatividade, **111**
#Aplicações da radioatividade, **115**
#Atividades, **123**

CAPÍTULO 7 Mudanças de estado da matéria 124

#Estados de agregação da matéria, **125**
#Mudanças de estados de agregação, **133**
#Estados da matéria, **136**
#Atividades, **138**

CAPÍTULO 8 Transformações químicas 140

#Representações das transformações químicas, **141**
#Leis ponderais, **144**
#Atividades, **150**
#Mural de ideias, **151**

Ilustrações: Raul Aguiar/Arquivo da editora

Reprodução do Livro do Estudante em tamanho reduzido.

UNIDADE 3

ONDAS 152

CAPÍTULO 9 Som 154

#O que é uma onda?, **155**
#Experimentar, **156**
#Entendendo as características dos sons, **163**
#Atividades, **166**
#Falando e ouvindo, **168**
#O eco e suas aplicações, **176**
#Atividades, **179**

CAPÍTULO 10 Luz e cores 183

#Reflexão, refração e absorção da luz, **184**
#Luz e cores, **187**
#Experimentar, **190**
#Luz, imagem e sociedade, **191**
#Atividades, **200**

CAPÍTULO 11 Ondas eletromagnéticas 203

#Ondas mecânicas e ondas eletromagnéticas, **204**
#Espectro eletromagnético, **208**
#Ondas eletromagnéticas na comunicação e na saúde, **214**
#Atividades, **218**
#Mural de ideias, **221**

UNIDADE 4

ASTRONOMIA 222

CAPÍTULO 12 Astronomia e cultura 224

#Leituras do céu, **225**
#Atividades, **242**

CAPÍTULO 13 Sistema Solar e Universo 243

#A compreensão do Universo está em transformação, **244**
#Atividades, **254**
#Sistemas planetários, **255**
#Sistema Solar, **258**
#Atividades, **262**

CAPÍTULO 14 Evolução estelar e a vida fora da Terra 265

#Olhando para um céu estrelado, **266**
#Estrelas e evolução estelar, **269**
#A vida ao redor das estrelas, **277**
#Atividades, **283**
#Mural de ideias, **286**

Competências gerais e específicas 287

Habilidades 287

Referências bibliográficas comentadas 288

Ilustrações: Raul Aguiar/ Arquivo da editora

Reprodução do Livro do Estudante em tamanho reduzido.

Unidade 1

#Foco na BNCC e nos TCT

Competências gerais
1, 2, 7 e 10.

Competências específicas de Ciências da Natureza
1, 2, 3, 4 e 8.

Habilidades
EF09CI08, EF09CI09, EF09CI10, EF09CI11, EF09CI12 e EF09CI13.

Temas Contemporâneos Transversais
- Educação Ambiental
- Saúde
- Ciência e Tecnologia
- Diversidade Cultural

Conceitos da Unidade
- Ideias evolucionistas de Lamarck e Darwin, relação entre contexto histórico e avanço dos conhecimentos científicos e relação entre a evolução e a diversidade de espécies no planeta Terra.
- Hereditariedade nos seres vivos, trabalhos de Gregor Mendel sobre hereditariedade, relação entre o material genético e a expressão das características dos seres vivos.
- Biotecnologia e sua importância no cotidiano.
- Importância da manutenção da biodiversidade para a continuidade da vida na Terra, desenvolvimento sustentável.

Conteúdos procedimentais
- Identificar e selecionar evidências científicas.
- Debater com base em argumentos científicos.
- Compreender o uso de analogias e seus limites.
- Compreender como as Ciências buscam resolver problemas.
- Reconhecer encadeamentos lógicos de ideias e argumentos para a construção e testagem de conhecimentos científicos.
- Relacionar conceitos e teorias científicas com fenômenos da natureza e/ou aplicações da ciência.
- Elaborar e executar procedimentos experimentais para a construção e testagem de conhecimentos científicos.
- Medir dados experimentais e relacioná-los com conceitos, fenômenos e/ou teorias.
- Comunicar evidências, argumentos e conceitos científicos.

UNIDADE 1

EVOLUÇÃO BIOLÓGICA E GENÉTICA

Reprodução do Livro do Estudante em tamanho reduzido.

Conteúdos atitudinais
- Valorização do conhecimento sistematizado historicamente construído.
- Valorização da diversidade.
- Respeito nos debates de ideias e na argumentação.
- Compromisso com o conhecimento científico.
- Curiosidade pela natureza.
- Criticidade em relação à ciência, tecnologia e sociedade.

Raul Aguiar/Arquivo da editora

A vida como a conhecemos nem sempre existiu no planeta Terra. Desde o surgimento do primeiro ser vivo até hoje, bilhões de anos se passaram, muitas espécies surgiram e muitas outras deixaram de existir.

Nesta unidade, vamos aprender mais a história dos seres vivos no planeta e como as características deles são transmitidas pelas gerações. Além disso, vamos compreender por que manter a biodiversidade que existe atualmente é tão importante para que o planeta se mantenha habitável.

#FOCO NA BNCC

Competências gerais:
1, **2**, **7** e **10**.

Competências específicas:
1, **2**, **3**, **4**, e **8**.

Habilidades:
EF09CI08, **EF09CI09**, **EF09CI10**, **EF09CI11**, **EF09CI12** e **EF09CI13**.

Reprodução do Livro do Estudante em tamanho reduzido.

Orientações didáticas

Nesta unidade, os estudantes vão aprofundar os conhecimentos sobre como se estabeleceu historicamente o pensamento evolucionista e a relação entre diferentes áreas científicas, como a Paleontologia e a Anatomia, com o estabelecimento da teoria evolucionista.

Além disso, vão discutir a hereditariedade e sua relação com a transmissão de características hereditárias pelas gerações. Vão discutir, também, o uso da Genética e como isso está inserido em seu cotidiano, a partir da produção de alimentos, medicamentos ou mesmo em questões ambientais, por exemplo.

É importante interpretar com os estudantes a imagem de abertura da unidade, associando a diversidade de espécies que existe no planeta com a reprodução e a hereditariedade entre os indivíduos. Esse assunto vai permear toda a unidade, e os conhecimentos prévios dos estudantes podem ser inicialmente identificados aqui, sendo aprofundados durante o estudo sobre biodiversidade e sua conservação.

Informe aos estudantes que a ilustração de abertura da unidade não tem caráter científico, mas lúdico. Ela tem como objetivo despertar o interesse dos estudantes.

Orientações didáticas

Neste capítulo, serão trabalhados alguns dos principais conceitos da Genética, organizados de forma a favorecer o trabalho com a competência geral 1, as competências específicas 1 e 3 de Ciências da Natureza e a habilidade EF09CI11, ao explorar a evolução com base na seleção natural. Espera-se que os estudantes compreendam os mecanismos básicos da transmissão de características hereditárias.

Inicie o tema explorando a imagem de abertura da página. Questione os estudantes: "Quais as semelhanças e as diferenças que podemos notar nas araras da imagem?". Espera-se que eles citem como diferenças características como: cor das penas, tamanho corporal, cor do bico, cor dos olhos, entre outras. Como semelhanças, espera-se que notem: o formato dos bicos, o formato geral do corpo, a distribuição de penas, a posição dos olhos, a posição das patas ao agarrar o tronco, entre outras características. É provável ainda que eles encontrem mais semelhanças entre a arara-azul grande e a arara-azul-de-lear, o que está correto, já que elas pertencem ao mesmo gênero, *Anodorhynchus*, e entre a arara-canindé, a arara-vermelha-grande e a araracanga, o que também é uma comparação válida, uma vez que as três pertencem ao gênero *Ara*. Explique que as semelhanças estão diretamente relacionadas ao gênero de cada ave, apresentando para eles o fato de que todas essas araras pertencem a uma única família, conhecida como *Psittacidae*.

Aproveite para relembrá-los sobre a organização taxonômica atualmente utilizada para classificar os seres vivos: reino, filo, classe, ordem, família, gênero e espécie; e explique como essa classificação agrupa organismos semelhantes entre si. No exemplo, ressalte que todas as aves pertencem ao reino dos animais, ao filo dos cordados, à classe das aves, à ordem *Psittaciformes*, à família *Psittacidae* e, a partir do gênero, temos mudanças: duas aves pertencem ao gênero *Anodorhynchus* e três, ao gênero *Ara*, de forma que todas representam uma espécie diferente.

#Para iniciar

Este boxe tem o objetivo de auxiliá-lo(a) na identificação dos conhecimentos prévios, das habilidades, das atitudes e dos valores dos estudantes. Por isso, sugerimos que eles realizem o registro de suas respostas iniciais no caderno, a fim de que possam ser retomadas e revistas no final do capítulo. Isso contribuirá para que se tornem conscientes do desenvolvimento de suas aprendizagens e da construção do seu conhecimento.

- O objetivo da questão é refletir sobre as mudanças que ocorrem no planeta ao longo do tempo e perceber que as condições do ambiente podem influenciar na sobrevivência de algumas espécies. Pode ser que eles citem também que as atividades humanas impactam a sobrevivência das espécies, mas é importante salientar que muitas espécies se extinguiram antes mesmo da existência do ser humano no planeta.
- Espera-se que os estudantes relacionem as características de alguns seres vivos aos ambientes que ocupam. Ao citar exemplos, eles podem se expressar erroneamente, como se as adaptações dos seres vivos fossem pensadas para se encaixar no ambiente. Essa é uma ideia bastante presente no senso comum e que será trabalhada no decorrer do capítulo. Nesse momento, sugerimos que aproveite para identificar que compreensão os estudantes apresentam a respeito do assunto.

CAPÍTULO 1

Ideias evolucionistas

Objetivos do capítulo

- Diferenciar fixismo e transformismo.
- Comparar as ideias evolucionistas de Lamarck e Darwin.
- Reconhecer a relação entre o contexto histórico e o avanço dos conhecimentos científicos.
- Compreender a relação entre a evolução e a diversidade de espécies do planeta Terra.

Na BNCC

Habilidades: EF09CI10 e EF09CI11.

Fotos: 1. SantiPhotoSS/Shutterstock; 2. Adriano Kirihara/Pulsar Imagens; 3. Danny Ye/Shutterstock; 4. SanderMeertinsPhotography/Shutterstock; 5. Petr Salinger/Shutterstock

Diferentes espécies de araras encontradas no Brasil.

O Brasil é um país com uma enorme diversidade de espécies de aves. Entre elas, estão as araras, que você pôde observar nas imagens. Se você analisar atentamente, perceberá que elas apresentam muitas semelhanças, como o formato do corpo, a cauda longa e o formato do bico. Mas elas também apresentam diferenças, como as cores, os padrões das penas e o tamanho médio do corpo. O que determina essas diferenças? Por que as araras não são todas iguais e por que existem diferentes espécies?

Questões como essas nortearam, e ainda norteiam, não só o estudo das araras, mas também o da diversidade de seres vivos que existem no planeta. Explicar a diversidade de espécies e a história dos seres vivos na Terra é o objetivo dos estudos evolucionistas.

NÃO ESCREVA NO LIVRO

#Para iniciar

- As espécies de seres vivos encontradas no planeta sempre foram as mesmas? Que fatores determinam a sobrevivência das espécies?
- Existe relação entre as características de uma espécie e o ambiente no qual ela vive? Qual seria essa relação?

Respostas pessoais para mobilização dos conhecimentos prévios dos estudantes. Consulte as Orientações didáticas.

Reprodução do Livro do Estudante em tamanho reduzido.

Fixismo e transformismo

Você já ouviu falar em **biodiversidade**? Esse termo se refere à riqueza de espécies e à variedade de formas de vida na Terra. Explicar a biodiversidade, as diferenças e as semelhanças entre os seres vivos sempre foi objeto de interesse dos seres humanos. Esses questionamentos ganharam ainda mais força no século XVIII, quando um grande número de estudiosos, chamados **naturalistas**, buscou entender as mudanças pelas quais a Terra e os seres vivos passaram ao longo do tempo, por meio do estudo de rochas, dos fenômenos naturais, do solo e dos próprios seres vivos.

Espécies: do ponto de vista biológico, corresponde a um grupo de seres vivos com grandes semelhanças e capazes de se reproduzirem entre si, gerando descendentes férteis.

No início desses estudos, o pensamento mais aceito para explicar a biodiversidade era o de que os diferentes seres vivos não se transformam, mas surgem de maneira independente e permanecem sempre com as mesmas características ao longo do tempo. Esse pensamento é chamado de **fixismo** e se estabeleceu entre os pensadores da Grécia antiga, persistindo por muito tempo.

Um dos maiores defensores dessa ideia no século XVIII foi o naturalista sueco Carl von Linné (1707-1778), ou Lineu, em português, conhecido principalmente pela criação das normas de nomenclatura e de classificação dos seres vivos que serviram de base para as normas atuais. O fixismo, além de fazer mais sentido no contexto histórico da época, permitiu a Lineu elaborar essa classificação e separar os seres vivos dentro das categorias estabelecidas por ele.

O termo cientista passou a ser utilizado somente no século XIX. Antes disso, quem se ocupava de estudar a natureza e os seus fenômenos era chamado de filósofo natural ou naturalista.

Por vezes, o pensamento fixista era desafiado por novas descobertas científicas, como foi o caso dos **fósseis**. Por meio dessas descobertas, foram identificadas estruturas de seres vivos que não tinham representantes atuais no planeta, levando alguns naturalistas a questionar por que haviam desaparecido.

Os fixistas, como Lineu e o naturalista francês Georges Cuvier (1769-1832), que era um dos principais estudiosos de fósseis da época, diziam que todas essas espécies teriam sido extintas devido a fenômenos naturais, como erupções vulcânicas, tempestades ou terremotos. Outros naturalistas, porém, seguiam questionando que relações as espécies extintas teriam com as que existiam na atualidade.

Beto Cell/Pulsar Imagens

Os fósseis são vestígios de seres vivos de épocas passadas, muito importantes para compreender a biodiversidade e as relações entre os seres vivos na Terra. Na fotografia, fóssil de uma libélula, encontrado na bacia do Araripe (CE, PE e PI), atualmente no Museu de Geociências do Instituto de Geociências da Universidade de São Paulo (SP), 2019.

Com isso, alguns naturalistas passaram a desenvolver a ideia de que as espécies devem se transformar ao longo do tempo. Esse pensamento foi chamado de **transformismo** ou **transmutação das espécies**. Segundo o transformismo, as mudanças nos ambientes e nos seres vivos ocorreriam naturalmente ao longo do tempo, havendo a extinção e também o surgimento de novas espécies. Isso explicaria a existência de fósseis, por exemplo. A biodiversidade atual seria resultado dessas transformações.

O debate entre o fixismo e o transformismo perdurou por muitos anos até que se chegasse a um consenso na comunidade científica. Com o desenvolvimento dos estudos e das pesquisas científicas, diversas evidências fortaleceram as ideias transformistas, que, posteriormente, passaram a ser conhecidas como **ideias evolucionistas**.

Reprodução do Livro do Estudante em tamanho reduzido.

#Para saber

Panorama histórico da classificação dos seres vivos e os grandes grupos dentro da proposta atual de classificação

Este tópico da disciplina de Ciências da Natureza, disponibilizado pela Univesp, expõe um panorama geral da classificação dos seres vivos ao longo da história.

Disponível em: https://edisciplinas.usp.br/pluginfile.php/979161/mod_resource/content/1/Bio_Filogenia_top01.pdf. Acesso em: 26 maio 2022.

Orientações didáticas

Recomendamos que inicie comentando com os estudantes que, ao passar dos anos e ao longo da história da humanidade, diversos estudos têm sido realizados, a fim de explicar qual é a origem da diversidade dos seres vivos. Por muito tempo, acreditou-se na ideia de que as espécies eram fixas, ou seja, de que teriam suas características determinadas fixamente e não sofreriam modificações. Caso julgue pertinente, comente que Lineu foi um dos defensores da ideia do fixismo e ficou conhecido por desenvolver o sistema de classificação de biodiversidade que utilizamos até hoje, o sistema binomial. De acordo com esse sistema, o nome das espécies deve ser definido por duas palavras em latim, sendo a primeira relacionada ao gênero, e a segunda, em conjunto com a primeira, à espécie. Se julgar importante, explique que a utilização do latim na ciência possui relação com o fato de a língua estar morta, ou seja, não ter mais nenhum falante nativo, tornando-se, assim, uma língua imutável e capaz de ser compreendida em qualquer região do globo.

Sugerimos que complemente comentando que a observação de situações que ainda não foram explicadas pelas antigas teorias possibilita que novos estudos e novas explicações sejam geradas, que, por sua vez, permitem e estimulam a observação de novos fatos, levando à elaboração de novas teorias, capazes de reformular as explicações antigas e, por consequência, conduzir à observação de novos fatos, tornando o processo contínuo e permanente, o que caracteriza a produção científica.

Para explicar o transformismo, sugerimos destacar que, ao analisar um registro paleontológico, Cuvier, cientista fixista, defendia que os fósseis observados representavam formas eliminadas em eventos naturais. Pergunte aos estudantes se eles concordam com o cientista e que outras explicações eles propõem para a ocorrência dos fósseis. Estimule-os a refletir e a expor suas ideias. Depois, explique que existem grupos de pesquisadores que sugerem que os fósseis poderiam ser um indício de que as atuais formas de vida se modificaram ao longo do tempo, a partir de formas ancestrais. E essa foi a base do transformismo, que defendia que as espécies poderiam se modificar ao longo das gerações.

Orientações didáticas

Sugerimos que peça aos estudantes que revezem a leitura oral do texto. Em seguida, recomendamos que complemente o estudo sobre os gabinetes de curiosidades comentando com eles as principais informações dos fragmentos do texto do boxe *#Para ler*.

Caso considere pertinente, outra abordagem possível é pedir a eles que leiam o texto e respondam às questões em casa. Depois, em uma roda de conversa, peça a alguns voluntários que leiam suas respostas e discutam se concordam, discordam ou se gostariam de complementar a resposta do colega. Essa atividade favorece o trabalho com a **metodologia ativa** da sala de aula invertida, estimulando os estudantes a serem protagonistas em seu processo de aprendizagem.

#Para refletir

1. Os gabinetes de curiosidades podem ser considerados os precursores dos museus, também como uma das primeiras formas de colecionar a biodiversidade por meio de amostras de plantas, pequenos animais e outros tipos de registros, como fósseis e esqueletos, com o objetivo de fazer com que o máximo possível de pessoas tivesse contato com aqueles materiais. Com isso, os gabinetes ajudaram a iniciar os estudos sobre a biodiversidade, pois popularizaram as pesquisas e seus achados, despertando interesse sobre o assunto e, quem sabe, até incentivando algumas pessoas a seguir profissionalmente essa área.

2. Espera-se que os estudantes investiguem a presença de museus no estado ou na região onde moram. Se for possível fazer visitas aos *sites* desses espaços, ou mesmo ir com a turma quando possível a esses locais, é uma forma de complementar a discussão sobre sua importância no estudo da biodiversidade e da história natural do planeta.

#Para refletir

NÃO ESCREVA NO LIVRO

Leia o texto a seguir e, depois, responda às questões.

Nos séculos XVI e XVII, na Europa, existiam os chamados gabinetes de curiosidades, que eram pequenas salas, armários ou arcas nos quais eram colecionados diversos objetos, como medalhas, instrumentos científicos, esculturas antigas ou pré-históricas. Nesses gabinetes também havia objetos relacionados à natureza, como ossos de animais, plantas secas, fragmentos de rochas, conchas, pinturas de paisagens ou seres vivos, entre outros. Esses materiais eram expostos em reuniões particulares e estudados pelos naturalistas da época, ajudando-os a divulgar suas ideias entre outros naturalistas. Com o passar do tempo, essas coleções foram ficando muito grandes, e um gabinete ou uma sala já não era mais suficiente para guardar todo esse material.

Então, a partir do século XVIII, os gabinetes começaram a ser substituídos por museus de história natural e museus de arte. Isso mostra como os gabinetes de curiosidades foram importantes para divulgar os conhecimentos e as ideias sobre o mundo natural e, posteriormente, para montar as coleções de rochas, conchas, fósseis e insetos que estão espalhadas por todo o mundo hoje.

Note a reprodução da obra de arte *Gabinete de curiosidades*, que mostra um exemplo de como eram essas coleções. Depois, converse com os colegas e o(a) professor(a) sobre as questões a seguir.

Oficina de pedras semipreciosas, Florença, Itália.

Gabinete de curiosidades, obra do pintor italiano Domenico Remps (1620-1699), datada de 1690 (óleo sobre tela, 99 cm × 137 cm). Museu dell'Opificio dele Pietre Dure, Florença, Itália.

1 **Como essas coleções de amostras naturais e os registros de lugares e de espécies em pinturas podem ter sido importantes para os estudos da biodiversidade e da história do planeta Terra?** 1. Resposta pessoal. Consulte as Orientações didáticas.

2 **Na cidade ou no estado em que você mora existe algum museu com esse tipo de coleção? Qual é a importância dela hoje em dia para estudar e compreender a natureza e a sua diversidade?** 2. Respostas pessoais. Consulte as Orientações didáticas.

Reprodução do Livro do Estudante em tamanho reduzido.

#Para ler

Os Primeiros Museus – Gabinetes de Curiosidades

[...]

Pomian, no texto "La culture de la Curiosité", conta que existiram centenas, senão milhares, de gabinetes pela Europa, neste período, mantidos por príncipes ou casas reais, humanistas, artistas ou ricos burgueses; elementos representantes da cultura erudita interessada em conhecer e colecionar o mundo que os cercava. Também denominados de quarto das maravilhas, nesses espaços a elite mantinha em segurança suas coleções privadas, eram maioritariamente pertencentes à nobreza. Guardavam múltiplas categorias de diversos objetos, tecnicamente avançados e procedentes da exploração de novas terras. Podiam exibir uma grande variedade de objetos e artefatos, com uma inclinação especial para o raro, eclético e esotérico.

[...]

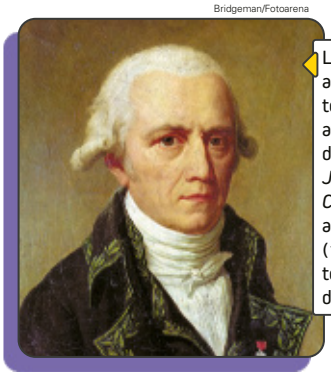
Todavia, mesmo possuindo coleções que hoje realmente nos parecem tão diversas e fragmentadas, o gabinete de curiosidades representa todo um universo, constitui um microcosmos reunido em uma única sala, possui, assim, a totalidade, a universalidade almejada na época, segundo a visão de mundo específica do contexto europeu dos séculos XVI e XVII. Deste modo, os objetos etnográficos, assim como outros dentro do gabinete, são representantes do universo que se deseja conhecer, possuir, apresentam o que não se pode ver, o que está distante.

NUNES, S. Os Primeiros Museus – Gabinetes de Curiosidades. *Click Museus*, 5 maio 2021. Disponível em: https://clickmuseus.com.br/os-primeiros-museus-gabinetes-de-curiosidades/. Acesso em: 26 maio 2022.

As ideias de Lamarck

Um dos naturalistas que tentou explicar a diversidade de seres vivos com base no transformismo foi o francês Jean-Baptiste-Pierre-Antoine de Monet (1744-1829), que recebeu o título *Chevalier de Lamarck* (em francês, que significa "Cavalheiro de Lamarck"), ficando mais conhecido como Lamarck. Ele desenvolveu seus estudos no início do século XIX, época em que os livros lançados podiam demorar meses para chegar a determinados locais e muitos dos conhecimentos que temos hoje ainda não estavam disponíveis. Não eram conhecidos, por exemplo, detalhes da estrutura das células nem a existência do material genético.

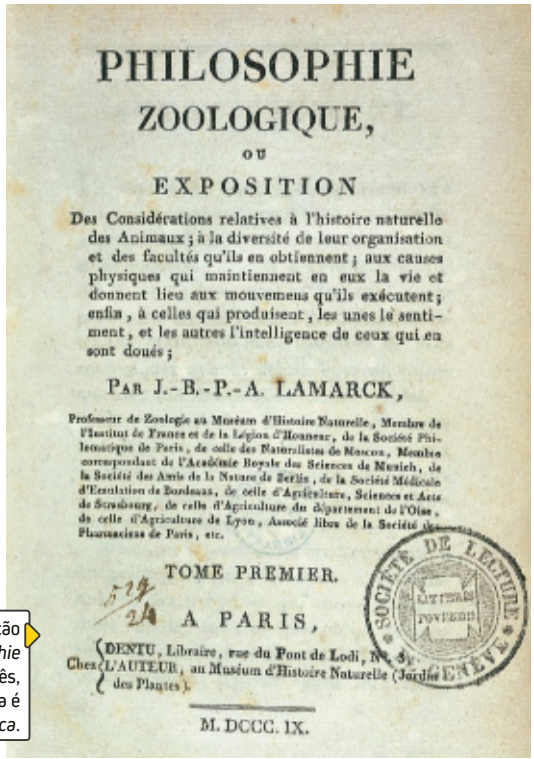
Bridgeman/Fotoarena



Lamarck acreditava que as espécies mudam com o tempo e que as espécies atuais são descendentes de outras. Obra *Retrato de Jean-Baptiste de Monet, Chevalier de Lamarck*, de autoria de Charles Trevenin (1764-1838). Óleo sobre tela, datado de 1802-1803, dimensões não fornecidas.

Lamarck se opunha à ideia fixista e buscava argumentos para explicar como era possível que as espécies sofressem transformações ao longo do tempo. Ele acreditava também que espécies atuais poderiam ser descendentes de outras, mais antigas. As ideias descritas por esse naturalista são conhecidas como **lamarckismo** e foram veiculadas em dois livros, escritos em francês e traduzidos para o português como *Filosofia zoológica*, publicado em 1809, e *História natural dos animais invertebrados*, que teve seu primeiro volume publicado em 1815 e o segundo, em 1822.

Em resumo, nesses livros, Lamarck apresenta justificativas para sua ideia de que a evolução dos seres vivos estaria relacionada à necessidade desses seres vivos e de que haveria uma tendência natural nas espécies de aumento de complexidade. Essa tendência levaria às transformações ao longo do tempo. Além disso, ele também elaborou leis, ou enunciados, com o objetivo de explicar os mecanismos dessas transformações, entre elas, a lei do uso e desuso e a lei da herança das características adquiridas.



PHILOSOPHIE
ZOOLOGIQUE,
OU
EXPOSITION
Des Considérations relatives à l'histoire naturelle des Animaux ; à la diversité de leur organisation et des facultés qu'ils en obtiennent ; aux causes physiques qui maintiennent en eux la vie et donnent lieu aux mouvemens qu'ils exécutent ; enfin, à celles qui produisent, les unes le sentiment, et les autres l'intelligence de ceux qui en sont doués ;
PAR J.-B.-P.-A. LAMARCK,
TOME PREMIER.
A PARIS,
M. DCCC. IX.

Reprodução/Biblioteca Wellcome, Londres, Reino Unido.

Primeira página da primeira edição da obra de Lamarck, *Philosophie zoologique*, publicada em francês, em 1809. Em português, a obra é chamada de *Filosofia zoológica*.

Reprodução do Livro do Estudante em tamanho reduzido.

Orientações didáticas

Sugerimos que complemente a biografia de Lamarck apresentada nesta página, comentando que ele iniciou sua carreira científica na área da Botânica, estudando as plantas e, em 1778, publicou a obra *Flora francesa*, na qual aprofundou seus conhecimentos na área e, com isso, favoreceu sua indicação para o cargo de assistente de Botânica da Academia Francesa de Ciências. Com o passar dos anos e depois de algumas promoções de carreira, Lamarck se tornou professor de Zoologia do Museu de História Natural. Foi então que se tornou responsável pela criação do termo invertebrado, que utilizamos até hoje. Antes dele, esses animais eram conhecidos apenas como insetos. Nos seus últimos anos de vida, Lamarck ficou completamente cego, o que o impossibilitou de trabalhar e continuar com seus escritos, então passou a morar com uma de suas filhas. Ele faleceu cego, pobre e sem prestígio científico. O momento de maior reconhecimento como cientista veio após a sua morte, depois que grandes pesquisadores, como Charles Darwin, analisaram seus trabalhos e se apoiaram neles.

Sugerimos que comece a trabalhar com o lamarckismo, explicando aos estudantes que Lamarck propôs uma nova teoria sobre a transformação das espécies, sustentando a futura ideia do evolucionismo. De acordo com essa teoria, o processo evolutivo consistia em um aumento gradativo de complexidade, ou seja, seres vivos primitivos se transformariam, gradualmente, tornando-se cada vez mais complexos com o passar do tempo. Lamarck ainda propôs o conceito de adaptação, explicando a aquisição de características que aumentam a probabilidade de sobrevivência e reprodução de um determinado organismo em um ambiente. Ele acreditava que alterações no ambiente levariam a modificações nas espécies, de acordo com as suas necessidades de sobrevivência. Complemente comentando que Lamarck considerou a formação dos tentáculos nos caracóis uma evidência desse processo – ele acreditava que os tentáculos teriam se desenvolvido para que os caracóis pudessem detectar organismos ou objetos ao seu redor.

Ao abordar esse conteúdo, inicia-se o trabalho com a habilidade EF09CI10, ao apresentar as ideias evolucionistas de Lamarck que, mais adiante, poderão ser colocadas em paralelo às de Darwin.

Orientações didáticas

Sugerimos explicar aos estudantes que Lamarck, atualmente, é conhecido pela elaboração de duas leis que pretendiam explicar os mecanismos de transformação dos seres vivos: a lei do uso e desuso e a lei da herança dos caracteres adquiridos. Aproveite para ressaltar que os estudos de Lamarck propunham a existência de duas forças propulsoras da transmutação das espécies: a "força complexificadora" e a "força adaptativa". A primeira é a força principal que orienta a transmutação e aumenta a complexidade dos seres vivos. Para Lamarck, havia seres vivos mais simples, como os invertebrados, e seres vivos mais complexos, como os vertebrados, e a força complexificadora atuaria constantemente nos seres vivos para transformá-los em seres mais complexos. Portanto, há o sentido de progresso na teoria de Lamarck. Para ele, o último estágio da evolução é o estágio da perfeição, no qual se encontra o ser mais perfeito de todos – o ser humano. A "força adaptativa" é a força que adapta os seres vivos ao ambiente em que estão vivendo. É dentro dessa força que ele caracteriza a lei do uso e desuso e a lei da herança adquirida.

Deixe claro aos estudantes que um organismo unicelular não é menos evoluído ou menos adaptado por ter somente uma célula ou por ser estruturalmente mais simples do que outro ser vivo, assim como invertebrados não são menos evoluídos ou menos perfeitos do que os demais seres vivos. Cada ser vivo está adaptado ao ambiente em que vive.

Sugerimos que comente alguns exemplos para complementar os expostos na página ou peça aos estudantes que imaginem possíveis exemplos e compartilhem com a turma. Explique que a lei do uso e desuso está associada à ideia de Lamarck de que os organismos passariam, por exemplo, a utilizar com mais frequência algumas estruturas do corpo em detrimento de outras; logo, as partes mais utilizadas se desenvolveriam, enquanto as menos utilizadas tenderiam a atrofiar. Dessa forma, Lamarck acreditava que as modificações nas estruturas geradas pelo uso e pelo desuso poderiam ser transmitidas para as gerações seguintes – assim ele estabeleceu a lei da transmissão dos caracteres adquiridos. Segundo essa teoria, alguns macacos, por exemplo, teriam desenvolvido cauda longa e forte como resposta ao ambiente em que viviam, porque precisavam se equilibrar em árvores, transmitindo essa capacidade para as gerações seguintes.

Segundo a **lei do uso e desuso**, os animais se modificariam conforme o uso ou a falta de uso de estruturas presentes no corpo. Isso significa que, se uma parte do corpo fosse bastante usada, ela se desenvolveria gradualmente. Já se não fosse usada, ela seria gradativamente reduzida até desaparecer. O uso ou o desuso de uma estrutura corporal seria uma resposta à necessidade de sobrevivência do organismo no ambiente.

Por exemplo, se essa lei fosse usada para explicar o desenvolvimento das membranas entre os dedos dos patos, poderíamos imaginar que essa membrana teria se desenvolvido em resposta à necessidade dos patos de se locomoverem mais rapidamente na água para capturar alimento. De tanto usar as membranas, elas teriam se tornado estruturas bastante desenvolvidas nesses animais.

Michael Stabentheiner/Shutterstock

Pato nadando em um lago, na Áustria. Todos os patos apresentam membranas entre os dedos.

Atualmente, sabe-se que a ação do ambiente sobre os seres vivos não determina o desenvolvimento ou a atrofia de estruturas. Por exemplo, as membranas entre os dedos de um pato não se atrofiam se ele ficar muito tempo sem nadar. Vamos considerar outro exemplo: a falta de nutrientes no solo pode fazer com que uma planta não se desenvolva, mas, ainda que ela tenha todos os nutrientes disponíveis, se desenvolverá até um limite. Ela não vai crescer mais do que a média determinada para a sua espécie.

Com relação à **lei da herança das características adquiridas**, Lamarck acreditava que as características adquiridas por um indivíduo ao longo de sua vida poderiam ser herdadas por seus descendentes. Esse era um pensamento comum entre os defensores das ideias transformistas naquela época. Voltando ao exemplo da membrana entre os dedos dos patos, interpretada por essa lei, essa característica seria transmitida de um pato que as desenvolveu para seus descendentes e destes para a geração seguinte.

Isso também aconteceria com a atrofia de estruturas pelo desuso, influenciada pelo ambiente. Por exemplo, se essa lei fosse usada para explicar a existência de uma espécie de peixes sem olhos que vivem em cavernas, poderíamos imaginar que os ancestrais desses peixes tinham olhos, mas não precisavam utilizá-los, já que viviam em uma caverna escura.

Assim, a falta de uso dos olhos teria feito com que eles atrofiassem, e essa característica teria sido passada para os descendentes, resultando na espécie que vemos atualmente. Será que essa explicação estaria correta?

Reprodução/Jurandir Aguiar

Bagre-cego-de-Iporanga (*Pimelodella kronei*), encontrado apenas em cavernas do Parque Estadual Turístico do Alto Ribeira (Petar), em São Paulo (SP). Mede cerca de 13 cm de comprimento.

Reprodução do Livro do Estudante em tamanho reduzido.

Atualmente sabemos que, se um órgão ou estrutura sofrer modificação durante a vida de um indivíduo, essa modificação não será necessariamente transmitida aos seus descendentes. Isso porque somente **mutações** no material genético (DNA) podem ser transmitidas aos descendentes por meio dos gametas.

No caso de uma espécie de peixes sem olhos que vivem em cavernas, os indivíduos têm essa característica porque ela é hereditária, ou seja, está codificada no DNA e é transmitida para os descendentes pela reprodução.

Imagine que peixes de uma espécie cujos olhos são desenvolvidos ficassem cegos por acidente: Você acha que os descendentes seriam cegos ou não? Nessa situação hipotética, os descendentes teriam olhos desenvolvidos, pois a característica adquirida acidentalmente não afetaria o material genético e a produção de gametas.

Mas se hoje sabemos que as ideias de Lamarck não explicam corretamente a evolução dos seres vivos, por que elas são importantes? Porque essas ideias foram as primeiras a serem publicadas propondo um mecanismo que explicasse a transformação dos seres vivos e serviram de base para que outros naturalistas questionassem suas afirmações e buscassem novas respostas às dúvidas que elas deixaram.

Mutações: alterações da estrutura do DNA que podem acontecer ao acaso ou ser desencadeadas por radiações, determinadas substâncias químicas e outros agentes ambientais. Elas podem ser prejudiciais ao desenvolvimento do indivíduo, resultar em características que não o afetam ou ser vantajosas para o seu desenvolvimento.

#A ciência é feita por pessoas

Inicialmente, Lamarck era fixista, mas ele começou a questionar esse pensamento enquanto estudava espécies de moluscos no Museu de História Natural de Paris, na França, onde era professor de Zoologia (área da ciência que estuda os animais). Foi com base nesses estudos que ele desenvolveu e passou a defender as ideias sobre a transformação dos seres vivos, publicadas em seus livros.

Ele comparou fósseis de moluscos com espécies atuais e estabeleceu relações entre eles, identificando as semelhanças e as diferenças, o que o fez pensar nas transformações que aquelas espécies haviam sofrido ao longo do tempo. Hoje, sabemos que muitos dos fósseis pertencem a espécies que não existem mais, mas Lamarck não considerava a extinção das espécies para explicar os fósseis. Para ele, os fósseis evidenciavam apenas que as espécies mudam de aspecto com o tempo.

Na época em que foram divulgadas, as ideias de Lamarck abriram uma grande discussão entre os naturalistas, pois ele foi o primeiro a propor mecanismos evolutivos para os seres vivos. No entanto, muitos dos seus colegas defendiam o fixismo, e ainda existiam lacunas que a teoria de Lamarck não conseguia explicar. Por exemplo, não se tinha uma ideia estabelecida das mudanças pelas quais o planeta Terra teria passado desde sua formação nem se sabia se existiriam espécies extintas naturalmente. Esses conhecimentos foram muito importantes posteriormente para explicar a evolução dos seres vivos. Lamarck faleceu sem o total reconhecimento de suas ideias pela comunidade científica.

#Para interpretar

NÃO ESCREVA NO LIVRO

1 Com base no que você estudou até aqui, qual foi a principal contribuição de Lamarck para o estudo da diversidade de espécies de seres vivos?

1. Lamarck propôs uma forma de interpretar a diversidade de espécies que levou outros naturalistas a desenvolver suas ideias transformistas. Consulte as Orientações didáticas.

Reprodução do Livro do Estudante em tamanho reduzido.

Orientações didáticas

Explique que os avanços da Genética e os atuais conhecimentos da área refutam a lei da herança dos caracteres adquiridos. Atualmente sabe-se que apenas os genes dos gametas e das células germinativas são passados para os descendentes, assim, características que envolvem alterações em células somáticas não são transmitidas de uma geração para outra. Além disso, o uso ou o desuso de órgãos ou de outras estruturas não altera o DNA dos genes que serão transmitidos para as gerações seguintes. Ressalte para os estudantes que as mutações ocorrem aleatoriamente, ou seja, ao acaso, elas não são conduzidas pelo ambiente.

#A ciência é feita por pessoas

Este boxe busca destacar os grandes nomes por trás das pesquisas e descobertas científicas, bem como o contexto histórico no qual elas foram realizadas. Conhecer a História e Filosofia da Ciência é fundamental para a compreensão de que a ciência é um processo dinâmico e mutável, relacionado a diversos fatores do cotidiano, da dinâmica da natureza, e de que seus diversos conceitos foram desenvolvidos com base na metodologia científica, levando em consideração os conhecimentos adquiridos posteriormente em uma cultura ou pela comunidade científica.

Sugerimos que realize a leitura do texto com os estudantes e solicite que alguns se voluntariem para fazer a leitura oral. Ao término de cada parágrafo, enfatize as principais informações.

#Para interpretar

A atividade deste boxe oferece aos estudantes a oportunidade de desenvolver as habilidades de leitura, uma vez que demanda processos de compreensão e inferência de textos. Após a leitura do texto, peça aos estudantes que respondam às atividades no caderno e, depois, disponibilize um período para discutir a leitura e as respostas.

1. A resposta à questão está no Livro do Estudante. Esclareça que Lamarck contribuiu para reforçar a ideia, que já permeava a comunidade científica da época, da transformação dos seres vivos, que é a base da evolução biológica; uma forma de interpretar a diversidade de espécies que levou outros naturalistas a desenvolver novas teorias.

Orientações didáticas

Sugerimos que, inicialmente, explore a imagem, explicando para os estudantes o caminho percorrido por Darwin a bordo do navio HMS Beagle e as observações que ele fez em cada parada. Comente que Darwin só pôde formular sua teoria evolutiva devido às observações que fez durante a viagem que realizou ao redor do mundo, durante quase cinco anos. Nesse período, Darwin fez observações sobre a diversidade de animais e plantas em cada região visitada, além de observações geológicas e paleontológicas, registrando um grande número de dados para posterior análise. É importante ressaltar a importância do contexto histórico e cultural em que as hipóteses foram formuladas. Na época, a Geografia evidenciava que a Terra havia passado por várias transformações ao longo do tempo, ainda sem muitos detalhes. A descoberta dos fósseis também indicava transformações e modificações nos seres vivos, ao mesmo tempo em que muitas formas fósseis se assemelhavam às formas atuais. Relembre os estudantes de que o transformismo era defendido por alguns cientistas, como Lamarck, porém o fixismo ainda continuava sendo a teoria mais aceita pela comunidade científica.

Destaque para os estudantes que, para avaliar se as hipóteses levantadas estão corretas, com base nos métodos científicos, é necessário observar, registrar as observações e relacioná-las entre si e com informações e dados de outros cientistas e de outras áreas de estudo.

Explique que, durante a viagem, Darwin coletou diversos fósseis que reforçaram a ideia de que existiam formas de vida que não eram mais encontradas. A maioria dos fósseis encontrados por Darwin foram encaminhados a especialistas na Inglaterra para que pudessem ser classificados, já que diversas formas eram tão distintas das atuais que o cientista não foi capaz de classificá-las. Outros fósseis coletados eram parecidos com as formas atuais, levando-o a acreditar que modificações nas espécies poderiam acontecer ao longo do tempo e que formas fossilizadas, e até mesmo as extintas, poderiam fornecer dados sobre essas transformações. Darwin pôde observar que indivíduos de uma mesma espécie, que habitavam ambientes diferentes, apresentavam variações relacionadas à geografia do local, indicando que o tipo de ambiente onde a espécie vivia poderia influenciar algumas características.

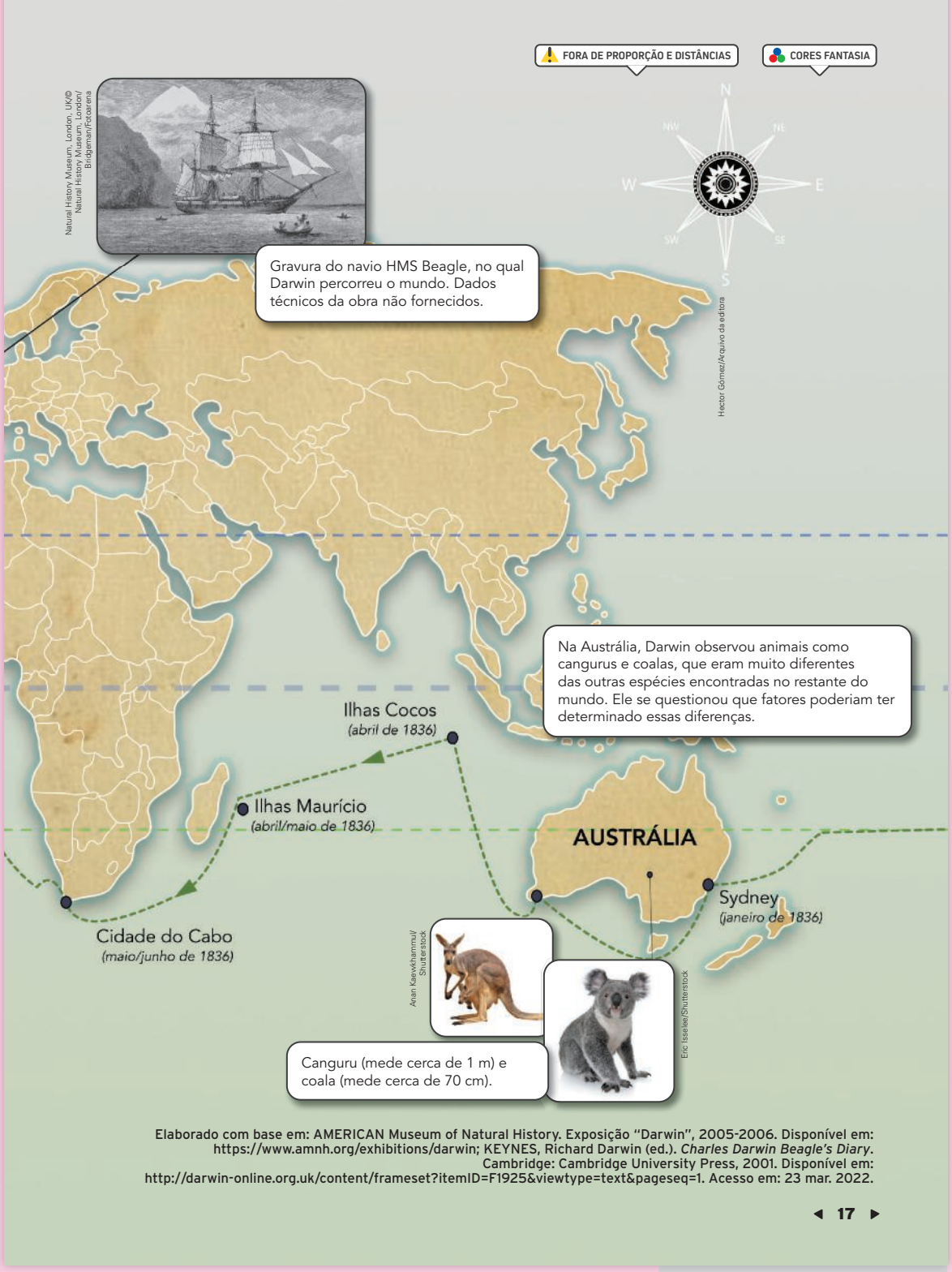
Comente com os estudantes que, durante a visita de Darwin ao arquipélago de Galápagos, ele constatou grande diversidade de formas de aves, tartarugas e iguanas em cada uma das ilhas. Dessa forma, ele pôde estudar populações próximas geograficamente, mas ao mesmo tempo isoladas. Por meio desse estudo, ele constatou a importância dos tamanhos populacionais, do isolamento geográfico e da variação dos fatores ambientais para as diferenciações das espécies.

#As ideias de Darwin

Cinquenta anos após Lamarck ter publicado seus estudos sobre a evolução dos seres vivos, o britânico Charles Robert Darwin (1809-1882) apresentou sua teoria da evolução, em 1859, resultado de um longo período de pesquisa sobre diversidade e transformações de seres vivos. Observe no infográfico a seguir a trajetória de Darwin a bordo do navio HMS Beagle, que partiu da Inglaterra em 1831.

Hector Gómez/Arquivo da editora

Reprodução do Livro do Estudante em tamanho reduzido.



Elaborado com base em: AMERICAN Museum of Natural History. Exposição "Darwin", 2005-2006. Disponível em: https://www.amnh.org/exhibitions/darwin; KEYNES, Richard Darwin (ed.). *Charles Darwin Beagle's Diary*. Cambridge: Cambridge University Press, 2001. Disponível em: http://darwin-online.org.uk/content/frameset?itemID=F1925&viewtype=text&pageseq=1. Acesso em: 23 mar. 2022.

Reprodução do Livro do Estudante em tamanho reduzido.

#Para saber

O que é a teoria da evolução de Charles Darwin e o que inspirou suas ideias revolucionárias

O vídeo da BBC News Brasil, com cerca de 6 minutos de duração, apresenta de forma resumida a trajetória científica de Charles Darwin e, também, suas descobertas.
Disponível em:
https://www.youtube.com/watch?v=ambANBIHjCI.

Cadernos desaparecidos de Darwin são recuperados após 22 anos

O artigo explica como ocorreu a subtração dos manuscritos originais de Darwin nos anos 2000, todos os esforços realizados na tentativa de recuperá-los e o desfecho da história, com os dois manuscritos sendo devolvidos de maneira misteriosa para a biblioteca da Universidade de Cambridge em abril de 2022.
Disponível em:
https://www.bbc.com/portuguese/geral-60993822.
Acesso em: 20 abr. 2023.

Orientações didáticas

O trabalho com o aspecto histórico das ideias de Darwin e da viagem a bordo do HMS Beagle introduz o trabalho com a habilidade EF09CI11, que será desenvolvida nas páginas seguintes, além de dar continuidade à abordagem proposta com o trabalho da habilidade EF09CI10.

Orientações didáticas

Comente com os estudantes que um dos trabalhos de mais destaque de Darwin é o estudo com os tentilhões de Galápagos, ao analisar a grande variedade de formas e tamanhos dos bicos das aves que viviam no local. Peça-lhes que observem a imagem dos tentilhões e descrevam as principais características, diferenças e semelhanças. Espera-se que observem que alguns tentilhões são maiores e outros, menores.

Continuando a abordagem sobre os tentilhões, pergunte a eles: "Qual motivo vocês acham que está por trás da variedade de bicos dos tentilhões?". Espera-se que, ao analisar a imagem da página, os estudantes formulem hipóteses, como hábito de vida, *habitat* e alimentação. Destaque que Darwin, durante seus estudos, acreditava que o formato do bico dos tentilhões estava relacionado à alimentação de cada um. Após as inferências dos estudantes, recomendamos que explore a imagem da página e chame a atenção deles para os alimentos que cada espécie de tentilhão consome, destacando que o formato de bico está associado à forma de alimentação de cada uma.

Aproveite e relembre os estudantes da importância de se considerar o contexto histórico de cada época. Como o próprio texto deixa explícito, apenas em 2016 a análise no genoma das aves pôde ser realizada, técnica que não existia nos tempos em que Darwin desenvolveu seus estudos, por isso, as características eram, em sua maioria, determinadas por meio de observações.

Darwin e os tentilhões de Galápagos

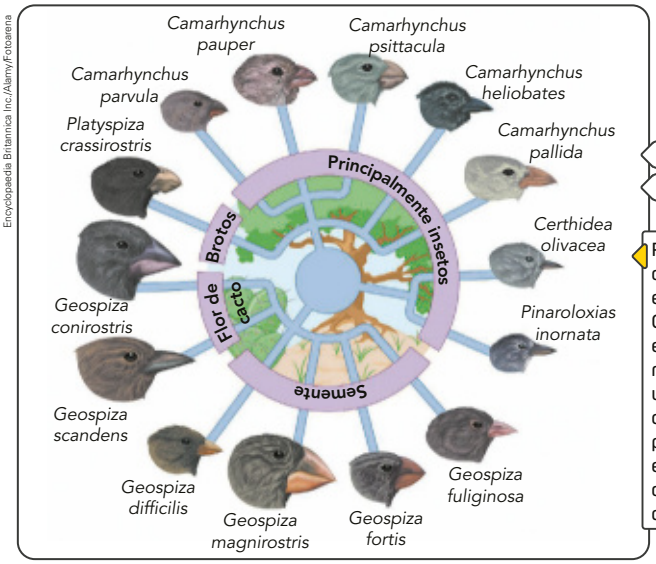
Os tentilhões de Galápagos são pássaros que foram muito importantes para Darwin elaborar suas ideias sobre evolução. Como eles foram identificados em ilhas, o naturalista pensou que, em algum momento, uma espécie deve ter chegado até uma das ilhas e, então, se espalhado por todo o arquipélago.

Em cada ilha do arquipélago de Galápagos são encontradas características ambientais diferentes, como de vegetação e oferta de alimento. Então Darwin imaginou que características dos tentilhões, como o tamanho e o formato do bico, estariam relacionadas com o alimento disponível na ilha.

Dessa forma, em uma ilha onde o alimento mais abundante fossem sementes, os tentilhões teriam um bico diferente dos bicos daqueles que habitassem uma ilha onde o alimento mais abundante fossem insetos. Darwin considerou que as aves com características que favoreciam sua sobrevivência em uma ilha teriam maiores chances de produzir descendentes.

Assim, com o passar do tempo, as características dessas aves foram sendo selecionadas, ou seja, foram permanecendo na **população** e herdadas pelas gerações seguintes.

Com base nisso, foi possível concluir que, com o tempo, isoladas nas diferentes ilhas, as populações de tentilhões teriam dado origem a diferentes espécies.



População: conjunto de indivíduos de uma mesma espécie que habitam determinada área.

FORA DE PROPORÇÃO

CORES FANTASIA

Representação esquemática de diferentes espécies de tentilhões encontradas no arquipélago de Galápagos e da relação entre os bicos e os diferentes alimentos. O bico robusto e forte é semelhante ao de um papagaio; o bico agarrador permite capturar insetos; o bico pontudo permite segurar um espinho e com ele espetar insetos ou perfurar estruturas do cacto; o bico esmagador permite quebrar sementes.

#Estude

- **Mostra Darwin: origens & evolução**

Disponível em: https://www.mostradarwin.com.br. Acesso em: 5 fev. 2022.

No *link*, é possível encontrar textos, imagens, jogos e diversas informações sobre a viagem de Darwin e a teoria da evolução dos seres vivos. São encontrados também detalhes da passagem de Darwin pelo Brasil e as impressões que teve do país.

- ***Podcast* Vinte mil léguas**

Disponível em: https://www.quatrocincoum.com.br/br/podcasts/vinte-mil-leguas/um-navio-com-nome-de-cachorro-pt-i. Acesso em: 8 mar. 2022.

No *link*, é possível encontrar o primeiro episódio de um *podcast* dedicado às Ciências e à Literatura. Nele são tratados Darwin, a teoria da evolução e sua viagem com o Beagle. Além disso, existem imagens e textos sobre Darwin, o contexto histórico da época e outras informações.

Reprodução do Livro do Estudante em tamanho reduzido.

#Para ler

Tentilhões de Darwin continuam a evoluir nas Galápagos

[...]

Com este artigo na revista *Science*, um grupo de investigadores suecos e norte-americanos, das universidades de Princeton e Uppsal, vêm agora dar um novo impulso à teoria de Darwin sobre a seleção natural. Eles identificaram um par de genes que explica as variações no tamanho do bico de duas espécies de tentilhões, uma mudança que aconteceu em resposta a uma seca no arquipélago há 10 anos.

Uma única espécie de tentilhões chegou às Galápagos há dois milhões. Há menos de 200 anos, Charles Darwin identificou uma dúzia de espécies. [...] Na atualidade há 18 espécies no arquipélago que é território do Equador.

Os investigadores sequenciaram e compararam o genoma de 60 aves de 6 espécies e descobriram esta mudança e a relação que a originou. Os bicos diminuíram de tamanho nos locais mais afetados pela seca. Em jeito de conclusão, os investigadores das universidades de Uppsala e Princeton dizem que fica demonstrado um importante mecanismo de evolução para o qual apenas existiam suspeitas e indícios.

"Os nossos dados mostram que a forma de bico depende de muitos genes, tais como com a maioria das características biológicas. No entanto, estamos convencidos de que encontrámos dois deles que têm desempenhado um papel importante na evolução do formato do bico entre os tentilhões de Darwin". [...]

RODRIGUES, A. P. Tentilhões de Darwin continuam a evoluir nas Galápagos. *TSF Rádio Notícias*, Portugal, 22 abr. 2016. Disponível em: https://www.tsf.pt/sociedade/ciencia-e-tecnologia/tentilhoes-de-darwin-continuam-a-evoluir-nas-galapagos-5138486.html#. Acesso em: 7 jun. 2022.

A teoria evolutiva de Darwin

O estudo dos tentilhões de Galápagos foi importante no trabalho de Darwin, mas não foi somente ele que contribuiu para a elaboração de sua teoria evolutiva. Após seu retorno da expedição com o *HMS Beagle*, estudou por cerca de vinte anos para refinar suas ideias e elaborar uma teoria que explicasse a evolução das espécies – teoria essa que revolucionou a ciência e o estudo da vida. Durante esse período, ele trocou correspondências com naturalistas de diferentes locais do mundo e leu os trabalhos de diversos estudiosos, incluindo os de Lamarck, que foram muito importantes para que desenvolvesse as próprias ideias.

Quando se pensa no trabalho de Darwin, é importante lembrar que ele se baseia no conhecimento científico disponível na época. Esse conhecimento foi elaborado de forma coletiva por muitos outros naturalistas, ao longo de muitos anos, e Darwin conseguiu ampliar esse conhecimento, sintetizá-lo e associar todas essas peças ao elaborar a **teoria da evolução das espécies**.

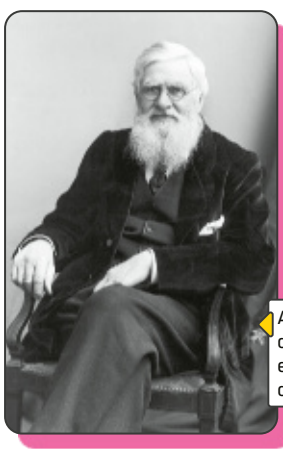
Depois de tantos anos de estudos, Darwin pretendia publicar sua teoria. Quando estava com seu livro quase pronto, recebeu um **artigo** do naturalista britânico Alfred Russel Wallace (1823-1913). Wallace havia passado mais de uma década na Amazônia estudando, principalmente, insetos e peixes, e alguns anos em ilhas da Indonésia e região, localizadas no oceano Índico. Ele chegou a conclusões muito semelhantes às de Darwin no que se referia ao pensamento evolucionista. Como as conclusões de seus trabalhos eram muito semelhantes, Darwin e Wallace os publicaram em conjunto em 1858, na Inglaterra. Essa publicação, no entanto, não teve grande repercussão, pois ainda havia aspectos da teoria evolutiva proposta por eles que precisavam ser explicados.

Artigo: texto que descreve um trabalho de pesquisa científica, com suas etapas e conclusões.

Darwin refinou essas dúvidas e questões que faltavam e publicou, em 1859, o livro *A origem das espécies*, que se tornou muito popular e gerou uma grande discussão na comunidade científica da época e na sociedade em geral. Além disso, a publicação desse livro é considerada um dos grandes marcos da história da ciência, revolucionando a visão que se tinha dos seres vivos e do passado da Terra.

Darwin passou a ser considerado o "pai" da teoria da evolução das espécies. Não se sabe ao certo por que Wallace não foi reconhecido da mesma forma que ele. Existem alguns elementos que contribuíram para isso, como a maior tradição da família de Darwin em estudos científicos e o fato de Wallace estar fora do país em seus estudos pelo mundo.

No entanto, Wallace é atualmente reconhecido como um grande naturalista e pesquisador e foi o primeiro a propor um mapa geográfico das espécies de animais, sendo considerado o fundador da Biogeografia, que estuda a distribuição das espécies no planeta.



London Stereoscopic Company/Getty Images

Alfred Russel Wallace, que desenvolveu uma teoria evolutiva muito semelhante à de Darwin. Fotografia de 1984.

Reprodução do Livro do Estudante em tamanho reduzido.

Orientações didáticas

Explique aos estudantes que, durante os quase cinco anos de viagem a bordo do HMS Beagle, Darwin fez uma imensurável quantidade de anotações, hipóteses sobre suas observações e coletou exemplares de animais e plantas. Ele passou quase vinte anos analisando esses materiais, fazendo experimentos, refinando suas hipóteses, consultando outros naturalistas da época, estudando materiais elaborados por outras pessoas que também estudavam os assuntos pelos quais ele se interessava, até chegar à sua hipótese final, de que as espécies se modificavam, porém, ele não conseguia explicar como essas modificações aconteciam. Enfatize que o conhecimento científico é resultado de processos históricos e coletivos, isso deve evitar que os estudantes construam uma visão errada da ciência, acreditando que ela é produto.

Um exemplo importante da construção coletiva do conhecimento científico é o fato de Darwin e Wallace terem chegado à teoria da seleção natural de maneira independente. Eles tinham conhecimento dos debates sobre evolução que aconteciam na época e possuíam referências científicas em comum, ambos viajaram por diferentes lugares do mundo e chegaram a conclusões muito semelhantes. Wallace realizou viagens que contribuíram para a elaboração da sua teoria evolutiva – essas viagens aconteceram entre 1848 e 1852 no Brasil, na região da Amazônia.

Comente que Darwin conheceu Wallace na época em que trabalhava em sua teoria. Em 1858, Darwin recebeu em sua casa um pequeno manuscrito de Wallace com o seguinte título: "A tendência das variedades de se afastarem indefinidamente do tipo original". Para sua surpresa, Wallace teria chegado às mesmas conclusões que ele, mesmo tendo realizado seus estudos em locais e épocas diferentes; por isso, os trabalhos de ambos foram publicados juntos. Darwin recebeu o mérito por ter apresentado uma imensa quantidade de evidências a favor da sua teoria, por isso, é mais frequente que os créditos da teoria da evolução sejam atribuídos a ele, e não a Wallace. Conte aos estudantes que alguns cientistas acreditam que, por causa do maior prestígio de Darwin dentro meio científico e social, ele era colocado em posição de destaque, prejudicando a visibilidade de Wallace. Mesmo assim, alguns cientistas consideram a teoria da evolução um produto de ambos e a chamam de teoria de Darwin-Wallace.

Explique que a teoria elaborada por Darwin e Wallace afirmava que a diversificação das espécies e a adaptação delas ao ambiente ocorrem pelo processo de seleção natural, fenômeno que atua ao longo de várias gerações. A teoria atentava também para a ideia de ancestralidade, segundo a qual espécies semelhantes descendem de um ancestral comum; partindo deles, as espécies divergiram e acumularam características adaptativas aos seus atuais ambientes, sendo possível distingui-las.

Orientações didáticas

Para a realização deste experimento, sugerimos que leve para aula os materiais indicados. Os garfos, o alicate, a pinça, os prendedores de roupa de madeira ou plástico, o pegador de macarrão e a tesoura com pontas arredondadas representarão os bicos das aves. Caso não tenha disponível algum desses materiais, eles podem ser substituídos por outros que consigam exercer a mesma função pedagógica.

É importante orientar os estudantes acerca dos riscos ao trabalhar com esses materiais e mostrar como manuseá-los de forma correta para evitar acidentes.

Para a realização do experimento, sugerimos pedir aos estudantes que se organizem em grupos e leiam atentamente as orientações. Nessa etapa de ensino, espera-se que eles já sejam capazes de se organizar e seguir orientações de forma autônoma. Portanto, sugerimos que disponibilize os materiais e oriente-os a organizá-los e proceder de acordo com o indicado na seção. Porém sua disponibilidade em orientar e tirar dúvidas é importante para que o experimento aconteça de forma adequada.

Os estudantes devem se organizar em grupos com até quatro integrantes. Cada estudante deve receber um copo e, em seguida, escolher um objeto para representar o bico de uma ave. Depois, espera-se que cronometrem um minuto para que tentem pegar a maior quantidade possível de alimento da bandeja e depositá-lo no copo. Ao final da atividade, peça a eles que anotem a quantidade de alimento que conseguiram pegar com o objeto escolhido na mesa em que estavam.

#Experimentar

Este experimento propicia o trabalho com a habilidade EF09CI11, com a competência geral 2 e com a competência específica 2 de Ciências da Natureza, pois dispõe de estratégias diversificadas para trabalhar o objeto do conhecimento mobilizado e oferece momentos de exercício da curiosidade intelectual e de prática da abordagem própria das Ciências, comuns na investigação científica. Além disso, promover a divulgação de dados e ideias científicas em diferentes suportes de comunicação.

#Experimentar

GRUPO

Em pássaros, o tamanho e o formato do bico estão relacionados ao tipo de alimento que consomem. Observando os tentilhões, Darwin identificou que, em cada ambiente distinto das ilhas de Galápagos, existia uma espécie com um tipo de bico. A atividade que será realizada agora busca debater esta questão: Como explicar essas diferenças com base em um processo evolutivo?

Você e os colegas devem se reunir em grupos para a atividade. Lembrem-se de que nesta atividade estamos tentando criar um modelo para compreender melhor um fenômeno da natureza. Ele não representa exatamente o que acontece e não leva em consideração o tempo evolutivo.

Material

- 4 formas ou bandejas.
- Palitos de churrasco.
- Garfos.
- Alicate.
- Pinça.
- Prendedores de roupa de madeira ou plástico, de diferentes tipos.
- Pegador de macarrão.
- Tesoura com pontas arredondadas.
- Grãos de arroz, feijões, cereal matinal de formato redondo, balas de goma redondas e em formato de minhoca, macarrão parafuso, aveia em flocos grandes.
- Copos plásticos.
- Relógio ou cronômetro.

Como fazer

As quatro formas devem ser numeradas e deixadas em quatro mesas diferentes. Na forma **1**, coloquem grãos de arroz e balas de goma redondas; na forma **2**, macarrão parafuso e balas de goma em formato de minhoca; na forma **3**, cereais matinais e aveia em flocos; e na forma **4**, feijões e aveia em flocos.

Cada estudante do grupo deve representar uma espécie de pássaro e, para isso, escolher um objeto para representar seu bico e ter um copo para armazenar o alimento que conseguir pegar.

Durante um minuto, tentem pegar a maior quantidade possível de alimentos da bandeja usando apenas o objeto escolhido.

R2 Editorial/Arquivo da editora

Cada estudante deve passar pelas quatro bandejas. Ao final, anotem qual alimento foi mais fácil de pegar e em qual das bandejas foi mais fácil obter uma boa quantidade de alimento.

Conclusão

NÃO ESCREVA NO LIVRO

1. Respostas pessoais. O objetivo é que os estudantes associem a capacidade de obter alimentos à sobrevivência. Desse modo, o ambiente em que sobreviveriam seria aquele no qual conseguissem coletar alimento.

1 Em qual das bandejas você conseguiu pegar a maior quantidade de alimento com o objeto escolhido? Se essa bandeja representasse um ambiente e você representasse uma espécie de pássaro, as suas chances de sobreviver nesse ambiente seriam maiores ou menores? Por quê?

2 Os colegas que usaram objetos diferentes do seu tiveram o mesmo resultado? Como você explicaria isso? 2. Respostas pessoais. Consulte as Orientações didáticas.

Reprodução do Livro do Estudante em tamanho reduzido.

Sugestões de respostas e comentários às questões propostas no item Conclusão:

1. A resposta à questão está no Livro do Estudante.

2. Espera-se que os estudantes observem e conversem entre si, identificando que cada um deles teve mais facilidade de capturar alimentos em bandejas diferentes. A ideia é que compreendam que alguns objetos serão vantajosos em um recipiente, e outros serão vantajosos em outro recipiente, dependendo do tipo de alimento que estiver disponível e do objeto que possuem para captar esses alimentos.

Adaptação e seleção natural

A teoria evolutiva elaborada por Darwin descreve a evolução como um processo de descendência com modificação: os indivíduos de uma população podem sofrer alterações aleatoriamente, resultando em características que podem ser passadas para a geração seguinte por meio da reprodução.

Algumas dessas características podem representar uma **adaptação** ao ambiente em que vive esse indivíduo. Isso significa que as características podem ser favoráveis à sua sobrevivência nas condições que o ambiente apresenta e, assim, ele conseguirá chegar à idade reprodutiva e gerar descendentes, resultando na continuidade da espécie ao longo do tempo.

Essas características que permitem a sobrevivência de uma espécie em um ambiente são chamadas de adaptativas e são herdadas pelos descendentes. No entanto, se ocorrer alguma alteração no ambiente, pode ser que as características que eram adaptativas passem a ser desfavoráveis à sobrevivência do indivíduo, que pode morrer e não gerar descendentes. Darwin chamou de **seleção natural** essa dinâmica entre o ambiente e os indivíduos de uma população.

Vamos ver como exemplo de adaptação o que ocorre com plantas do manguezal, um ambiente cujo solo tem grande concentração salina e pouco ar entre os grãos minerais. As espécies de árvores que sobrevivem nos manguezais, conhecidas como mangues, apresentam raízes aéreas, que permitem trocas de gases entre as células das raízes e o ar. Essas raízes podem ser consideradas adaptações dessas plantas ao ambiente do manguezal.

Edson Grandisoli/Pulsar Imagens

Manguezal com raízes aéreas, chamadas de pneumatóforos: adaptações ao ambiente de solo com pouco ar e, portanto, pouco gás oxigênio disponível. São Sebastião (SP), em 2019.

Para Darwin, como os ambientes da Terra estão em constante transformação ao longo do tempo, os indivíduos mais bem adaptados às condições ambientais têm maiores chances de sobreviver e, consequentemente, de se reproduzir e transmitir essas características adaptativas a seus descendentes. Assim, a seleção natural resultaria na preservação de características favoráveis e na eliminação de características desfavoráveis em uma população.

Reprodução do Livro do Estudante em tamanho reduzido.

Orientações didáticas

Sugerimos que inicie a abordagem deste tópico questionando os estudantes sobre o que é uma adaptação. Esse questionamento inicial é importante para verificar as concepções prévias dos estudantes e avaliar a melhor forma de explicar o conceito. É possível que comentem que adaptação é quando algo se modifica ou é modificado para realizar uma tarefa de forma mais eficiente. Depois, peça aos estudantes que comentem exemplos de adaptações que viram ou realizaram em seu cotidiano.

Explique aos estudantes que, com o passar das gerações, os seres vivos tendem a evoluir. Destaque que essa evolução não ocorre em um indivíduo em específico e que não ocorre de forma rápida nem intencional. O ambiente tende, por ação da seleção natural, a selecionar características que oferecem vantagens aos indivíduos, e essas características são denominadas adaptação. Use como exemplo os anfíbios, que são animais, como o próprio nome faz referência, que apresentam duas fases de vida, aquática e terrestre. Explique que os anuros, sapos, rãs e pererecas, necessitam da água para realizar sua reprodução, pois depositam seus ovos nas bordas dos rios e lá os ovos se desenvolvem e geram os girinos.

Complete explicando que os girinos respiram por meio de brânquias, por estarem na água, e durante a metamorfose desenvolvem pernas e musculatura para viver no ambiente terrestre. Ao fim da metamorfose, os girinos se tornam sapos, que agora realizam respiração pulmonar ou cutânea, adaptações para respirar ar atmosférico, além de apresentarem pele que resiste em contato com o ar e com a temperatura atmosférica, que deve estar sempre úmida. Os sapos, na fase adulta, têm adaptações em seus esqueletos e músculos para permitir que realizem grandes saltos no ambiente terrestre. No período reprodutivo, os sapos retornam para a beira dos rios para depositar seus ovos, que não possuem anexos embrionários nem casca, e, por isso, necessitam da água e de seus nutrientes para se desenvolver. Comente que essas adaptações é que permitem que os sapos passem a maior parte da vida na terra e retornem à água para realizar a reprodução.

Atente à forma como os estudantes empregam o termo adaptação. Dependendo da forma como o utilizam, eles podem expressar uma interpretação lamarckista do processo evolutivo, passando a impressão de que a adaptação foi uma ação planejada e executada pelo animal. Ressalte que, de acordo com a seleção natural, é o ambiente que seleciona os indivíduos que são mais ou menos aptos às suas condições. Retornando ao exemplo, o sapo não se adaptou a esses mecanismos reprodutivos e evolutivos para viver em ambos os ambientes, foi o ambiente que os selecionou. Os sapos que não apresentavam essas características morreram e não deixaram descendentes, e, dessa forma, toda a população existente apresenta essas adaptações.

Enfatize que não existem características melhores ou piores aos seres vivos; existem as mais vantajosas ou menos vantajosas para determinado ambiente e estilo de vida. Essas características adaptativas estão intimamente relacionadas a determinado ambiente, portanto, características vantajosas em um ambiente podem não ser vantajosas em outro ambiente.

Ao longo das gerações, as populações de uma espécie podem, então, tornar-se adaptadas ao ambiente em que vivem. Esse processo ocorre ao acaso, ou seja, os indivíduos de uma espécie não desenvolvem características adaptativas intencionalmente. Além disso, não há uma tendência de progresso no processo evolutivo, o que contraria a ideia evolutiva de Lamarck.

A seleção natural parte do princípio de que os indivíduos de uma mesma espécie apresentam muitas semelhanças, mas também algumas pequenas diferenças. São essas diferenças que afetam as chances de sobrevivência dos indivíduos diante de alterações nas condições ambientais, como uma mudança brusca de temperatura, o surgimento de uma doença que se dissemina na população, entre outras.

Vamos considerar uma situação hipotética como exemplo da seleção natural em uma população. Em uma região em que existe uma área rochosa, habita uma população de raposas, espécie que se alimenta de uma espécie de roedor. Na população de roedores, existe uma variabilidade natural na cor dos pelos, havendo indivíduos com a pelagem acinzentada e outros com a pelagem branca. Os de pelagem acinzentada se camuflam melhor sobre as rochas, sendo mais fácil para as raposas enxergarem e capturarem os roedores brancos naquele ambiente.

Assim, o número de roedores brancos que consegue escapar das raposas, atingir a idade adulta e gerar descendentes vai reduzindo gradativamente, até que predominem na população os roedores com pelagem acinzentada, característica adaptativa que os permitiu sobreviver em maior quantidade.

Morno Schaefer/Shutterstock

Em ambientes rochosos, os roedores brancos se tornam presas fáceis para a Raposa-vermelha (*Vulpes vulpes*, mede aproximadamente 40 cm), já os roedores acinzentados, por se camuflarem nas rochas conseguem sobreviver nesse ambiente.

Reprodução do Livro do Estudante em tamanho reduzido.

Orientações didáticas

Após explorar as adaptações, sugerimos que explique aos estudantes que, para compreender melhor como ocorre a seleção natural, é preciso conhecer algumas características das populações de seres vivos e do ambiente em que elas vivem. Comente que indivíduos de uma população, geralmente, não são idênticos, eles apresentam variações das características individuais. Esse fenômeno é conhecido como variabilidade. A maioria dessas características são hereditárias, ou seja, são repassadas de geração para geração. É comum que o ambiente em que vivem apresente limitação de recursos, como alimento ou parceiro reprodutivo, fazendo com que os indivíduos compitam entre si por esses recursos.

Explique que, sendo assim, dependendo das condições do ambiente, os indivíduos de uma mesma população, que apresentem características mais favoráveis às condições do meio, podem ter mais acessos aos recursos, e, consequentemente, maiores serão suas chances de sobrevivência em relação aos seus companheiros. Em decorrência disso, esses indivíduos apresentam mais chances de se reproduzir e transmitir para os seus descendentes essas características vantajosas. Assim ocorre o processo natural de seleção das características, uma vez que é mediado pelo ambiente.

Chame a atenção dos estudantes para a imagem da raposa e seu ambiente e peça que imaginem a situação descrita. Questione-os sobre outros exemplos semelhantes que observaram na natureza. Destaque que o que determinou a seleção dos roedores que teriam maior tendência a sobreviver foi o ambiente.

Durante o estudo desse tema, é possível que os estudantes formulem uma visão linear do processo evolutivo, como se ele apresentasse uma direção, do menos evoluído para o mais evoluído, assim, as espécies atuais e principalmente os seres humanos seriam considerados mais evoluídos. Recomendamos que, ao longo do estudo da teoria da evolução, auxilie-os a desfazer essa percepção, considerando que, do ponto de vista biológico, a espécie mais evoluída é aquela que está mais bem adaptada ao ambiente em que vive, seja ela unicelular, seja pluricelular.

Como atividade complementar, sugerimos uma pesquisa para que os estudantes citem um exemplo de adaptação encontrada em animais que os permite viver em seu *habitat*. Espera-se que eles encontrem exemplos de animais adaptados aos ambientes em que vivem e sejam capazes de explicar, mesmo que de forma hipotética, porém racional, como essa adaptação pode ter acontecido.

#Atividade complementar

Adaptação e seleção natural

Pesquise um exemplo de animal adaptado ao ambiente em que vive e elabore um infográfico que contenha as características do animal, seu *habitat*, o alimento que consome e uma explicação de como essa adaptação pode ter ocorrido.

O infográfico pode ser elaborado em cartazes ou de forma digital.

#Para saber

Seleção natural – animação

A animação, com cerca de 2 minutos e legendas em português, apresenta um exemplo do processo de seleção natural. Disponível em: https://www.youtube.com/watch?v=0agKc3HByiQ.

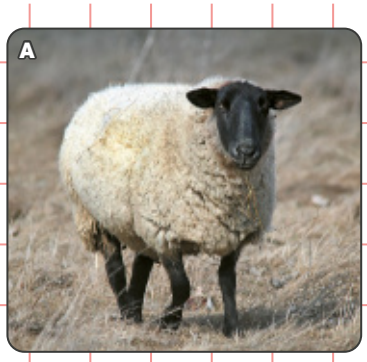
Quer que desenhe? Seleção natural

A animação, com cerca de 5 minutos e criada pelo quadrinista Carlos Ruas, explica a seleção natural por meio de exemplos observados na natureza. Disponível em: https://www.youtube.com/watch?v=N-SrvGfwiTg.

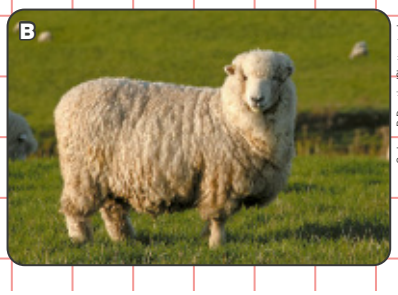
Acesso em: 27 maio 2022.

Por que o fenômeno da seleção natural tem esse nome? A expressão "seleção natural" vem da relação que Darwin estabeleceu entre o que acontecia na natureza e o processo chamado de **seleção artificial**, promovido pelos seres humanos, selecionando características de indivíduos de espécies animais e vegetais. Desde tempos pré-históricos, seres humanos escolhem os indivíduos que apresentam características valorizadas em determinada espécie e realizam cruzamentos entre esses indivíduos propositalmente, ou seja, com a intenção de obter descendentes que tenham essas características na geração seguinte.

Por exemplo, as diferentes raças de ovelhas domésticas surgiram por meio da seleção artificial de indivíduos. A domesticação das ovelhas e a seleção de características teria ocorrido entre 11 000 e 10 000 anos atrás, com a intenção de obter animais que, além de carne e leite, fossem mais dóceis e produzissem maior quantidade de pelagem (lã).



Janet Griffin/Shutterstock



Graham R. Prentice/Shutterstock

Em **A**, uma ovelha da raça Suffolk selecionada artificialmente para a maior produção de carne (mede cerca de 1 m de altura). Em **B**, uma ovelha da raça Merino selecionada artificialmente para maior produção de lã (mede cerca de 1 m de altura). Ambas pertencem à espécie *Ovis aries*.

O próprio Darwin estudou e realizou cruzamentos entre pombos que ele criava, para obter diferentes características dessas aves por meio da seleção artificial. Então, ele imaginou que na natureza essa seleção também poderia ocorrer, embora não de maneira intencional, desencadeando a formação de novas espécies. Isso seria possível uma vez que as variações nas características e a seleção natural poderiam resultar em indivíduos com adaptações que facilitariam a sobrevivência e a reprodução em determinado ambiente.

Vamos conhecer outro exemplo de observação que Darwin relacionou com a seleção natural. Trata-se de uma orquídea de Madagascar, da espécie *Angraecum sesquipedale*, que apresenta flores tubulares profundas. Darwin imaginou que, para aquela orquídea ser polinizada, teria que existir um animal com uma estrutura bucal longa o suficiente para alcançar o néctar que estava no fundo da flor. Wallace também conhecia a espécie e fez a mesma previsão. Anos depois, em 1903, descobriu-se que esse polinizador realmente existe: são as mariposas da espécie *Xanthopan praedicta*, que têm um aparelho bucal longo e se alimentam exclusivamente do néctar dessa orquídea.

#Para ler

Seleção artificial: plantas melhores e mais produtivas!

A seleção artificial de plantas é uma estratégia do melhoramento genético que envolve a escolha de pais com características de interesse, com o objetivo de que seus filhos herdem essas características desejáveis.

A seleção artificial pode ser usada para produzir frutas e vegetais maiores, mais saborosos e de maior durabilidade. Plantas com maior resistência a pragas, doenças e variações climáticas. O resultado são lavouras mais produtivas, com menores custos ao produtor e alimentos mais acessíveis ao consumidor.

[...]

Diferente da seleção natural, a seleção artificial acelera o processo de adaptação e estabilidade das plantas. Com ela, é possível avaliar uma enorme possibilidade de cruzamentos entre pais com diferentes características benéficas. O objetivo é alcançar plantas que apresentem atributos desejados como:

- Tamanho de frutos;
- Número de grãos por vagem, espiga etc.;
- Resistência a pragas e doenças;
- Tamanho de folhas e flores;
- Tolerância às mudanças de clima;
- Cor, formato, sabor;

Entre tantas outras, características que poderíamos listar por muito tempo. Além disso, essas qualidades são muito particulares de cada espécie em que se está plantando, estudando e melhorando.

No morango, comumente, a seleção artificial é feita visando obter frutos maiores, bem vermelhos e com formato de coração. Já quando olhamos para a soja, a preferência é por plantas mais baixas, com muitas vagens e grande número de grãos por vagem. Porém, tolerância a pragas e doenças é uma característica comum, desejável para todas as espécies.

SELEÇÃO artificial: plantas melhores e mais produtivas! *CropLife Brasil*, São Paulo. Disponível em: https://croplifebrasil.org/conceitos/selecao-artificial-de-plantas/. Acesso em: 27 maio 2022.

Reprodução do Livro do Estudante em tamanho reduzido.

Orientações didáticas

Recomendamos que inicie explicando para os estudantes que, ao passo que a seleção natural é determinada pelo ambiente, a seleção artificial é determinada pelo ser humano, ou seja, os seres humanos selecionam alguma característica presente em certos indivíduos de uma população, considerando uma determinada condição.

Aborde com eles o fato de realizarmos seleção artificial na agricultura há muito tempo. Identificamos um indivíduo, por exemplo, que produza mais frutos e seja mais resistente à ação de pragas, analisamos essa característica e julgamos que uma plantação inteira que produzisse mais frutos e ainda fosse resistente ao ataque de pragas nos renderia uma colheita mais vantajosa e rentabilidade financeira maior. Caso considere pertinente, o texto do boxe *#Para ler* pode ser explorado.

Orientações didáticas

Explique aos estudantes que a teoria da seleção natural, por ser uma ideia nova na época, foi bastante criticada, principalmente pela comunidade científica, pelo fato de que Darwin não sabia como explicar o surgimento de novas características nas populações. Apenas um século depois, por volta de 1920, com o avanço da ciência e do desenvolvimento da Genética, os mecanismos que estavam por trás da seleção natural foram compreendidos e explicados. Assim, surgiu a teoria moderna da evolução, também conhecida como neodarwinismo, ou, ainda, teoria sintética da evolução. Com base nessa teoria, foram descritos os processos de mutação e recombinação gênica.

Sugerimos que explore as mutações do SARS-CoV-2 com os estudantes e relembre-os de que o ser mais evoluído é aquele que está mais bem adaptado ao ambiente em que vive. O texto do boxe *#Para ler*, a seguir, traz explicações de como isso acontece.

Como se explica a relação entre a orquídea de Madagascar e a mariposa, considerando a evolução por seleção natural?

Provavelmente, existia uma população de mariposas entre as quais alguns indivíduos tinham aparelho bucal longo e outros, aparelho bucal mais curto. Assim, as mariposas de aparelho bucal longo teriam sido selecionadas naturalmente por conseguirem alcançar o néctar na base das flores longas.

Entre as orquídeas, por sua vez, passaram a ser mais numerosas aquelas cujas flores tinham formato tubular longo, pois eram polinizadas pelas mariposas. Com a polinização, as orquídeas mais longas se reproduziam e formavam sementes que geravam novos indivíduos com essas características.

Assim, essas duas espécies evoluíram conjuntamente por seleção natural.

Brian Hargreaves/Getty Images

Imagem de mariposa da espécie *Xanthopan praedicta* alimentando-se do néctar de uma orquídea da espécie *Angraecum sesquipedale*, que se localiza ao final de um tubo de cerca de 35 cm, dentro da flor. Da extremidade de uma asa até a outra, essas mariposas medem cerca de 13 cm de comprimento.

Teoria sintética da evolução

A teoria da evolução por meio da seleção natural explicava várias questões sobre a origem das espécies e realmente foi um avanço para sua época. No entanto, Darwin não explicou como surgiam as variações de características entre os indivíduos de uma mesma espécie ou como as características eram transmitidas ao longo das gerações.

Além disso, pensar em evolução como Darwin a descreveu também implicava concordar que os próprios seres humanos tinham parentesco evolutivo com outros animais, uma ideia difícil de se aceitar no contexto da época. Isso porque Darwin escreveu que todos os seres vivos apresentam parentesco evolutivo entre si, ou seja, compartilham ancestrais comuns. Estes viveram sob condições ambientais diferentes das atuais, o que permitiu a atuação da seleção natural, resultando na biodiversidade que vemos hoje.

A partir do século XX, houve grande desenvolvimento dos conhecimentos de Genética e eles foram usados para complementar a teoria evolutiva descrita por Darwin, resultando na **teoria sintética da evolução**. Foram identificados e descritos os processos de **mutação** e **recombinação gênica**, que poderiam explicar a origem das variações de características entre os indivíduos de uma população. Também por meio da Genética foi explicado como as características eram passadas entre as gerações.

#Estude

Fritz Müller: 200 anos
Disponível em: https://fritzmuller200anos.com.br/. Acesso em: 8 fev. 2022.

O naturalista alemão Fritz Müller (1822-1897) trocou diversas correspondências com Charles Darwin sobre seus estudos da evolução de crustáceos. No *site*, é possível saber mais desses estudos e da relação entre esses dois naturalistas por meio de exposições virtuais, livros, textos e imagens.

Genética: área da ciência que estuda a hereditariedade, ou seja, a transmissão de características de pais para filhos.

Reprodução do Livro do Estudante em tamanho reduzido.

#Para ler

Por que acontecem mutações do SARS-CoV-2 e quais as diferenças entre cada uma das variantes

Todos os vírus, incluindo o SARS-CoV-2, mudam com o tempo. Quanto mais oportunidades um vírus tiver de se espalhar, mais chances ele terá de se replicar e mudar. A mutação é um processo natural e evolutivo, ainda mais se o organismo em questão tiver em sua constituição ácido ribonucleico (RNA, o material genético do vírus), como é o caso do SARS-CoV-2.

As mutações acontecem quando o vírus se adapta ao ambiente para sobreviver. Ao invadir uma célula, o vírus entrega seu material genético aos ribossomos, estruturas nas quais são produzidas as proteínas das células. Os ribossomos montam as cópias do vírus. Sempre que isso acontece, existe a chance de acontecer um erro na réplica. Uma ou outra mutação pode dar vantagem ao vírus e, ao ser passado adiante, ele vai produzir cópias já com essa vantagem, se tornando uma variante.

Quanto menos o vírus for transmitido, menos as chances de ele sofrer mutações. Por isso, medidas de proteção como usar máscaras e higienizar as mãos com sabão e álcool em gel, evitar aglomerações e manter o distanciamento social, além de completar o esquema vacinal contra a Covid-19, são iniciativas que funcionam contra todas variantes da Covid-19.

POR QUE acontecem mutações do SARS-CoV-2 e quais as diferenças entre cada uma das variantes. *Instituto Butantan*, São Paulo, 9 set. 2021. Disponível em: https://butantan.gov.br/noticias/por-que-acontecem-mutacoes-do-sars-cov-2-e-quais-as-diferencas-entre-cada-uma-das-variantes. Acesso em: 7 maio 2022.

De modo simplificado, podemos considerar que os genes são regiões do DNA que determinam a expressão de uma característica. As mutações gênicas são definidas como mudanças aleatórias e acidentais que ocorrem no DNA. Caso uma mutação ocorra em um gene, ela pode determinar uma mudança em sua expressão.

Por exemplo, vamos imaginar uma população de uma espécie de peixes em que um dos filhotes nasça com uma mutação que o torna resistente a um tipo de alteração química na água. Se essa alteração química ocorrer, muitos peixes daquela espécie vão morrer, mas o indivíduo mutante sobreviverá. Se outros indivíduos também apresentarem a mutação, eles vão se reproduzir e gerar filhotes com essa característica, resultando na continuidade da população naquele ambiente após a alteração na água.

As mutações gênicas podem acontecer em qualquer célula do organismo, mas somente aquelas que ocorrem nas células que originam os gametas são transmitidas aos descendentes. Nos seres vivos unicelulares, como as bactérias, as mutações também podem ocorrer. Como esses organismos se reproduzem assexuadamente, as duas células-filhas também apresentarão a mutação em um gene presente na bactéria original.

Já a recombinação gênica ocorre na formação de gametas, em um momento em que o material genético está organizado em estruturas chamadas cromossomos.

A recombinação gênica consiste na troca de fragmentos entre cromossomos, de forma aleatória. Esse processo também pode alterar a expressão de características em indivíduos, pois nos fragmentos trocados podem existir um ou mais genes. As alterações na expressão de características podem ser negativas ou positivas para a sobrevivência dos indivíduos, diante da seleção natural.

As mutações e a recombinação gênica contribuem para a **variabilidade genética** da população. Esse é um fator muito importante para que uma espécie se perpetue no ambiente. Quanto maior a variabilidade genética de uma população, maiores são as chances de sobrevivência de pelo menos alguns indivíduos diante de mudanças bruscas no ambiente. Esses indivíduos podem, então, se reproduzir e dar continuidade à espécie.

SergeUWPhoto/Shutterstock

Em um cardume, todos os peixes pertencem à mesma espécie, mas os indivíduos não são todos iguais. Há pequenas diferenças determinadas pelo DNA que podem surgir por mutações gênicas. Fotografia registrada na Indonésia, 2019.

Reprodução do Livro do Estudante em tamanho reduzido.

Orientações didáticas

Sugerimos que prossiga com o tema explicando que a recombinação gênica são novas combinações do material genético dos pais, presentes na prole, processo que ocorre por meio da reprodução sexuada. Diversas combinações podem ser formadas da mistura de dois tipos de genes. Use como exemplo a mistura dos cromossomos de um pai e de uma mãe, que podem produzir inúmeras combinações genéticas, gerando filhos diferentes uns dos outros. Calcule usando a expressão 2^n, na qual o **n** representa o número de pares de cromossomos de um indivíduo. Como o ser humano possui 23 pares de cromossomos, a expressão se torna 2^{23}, dessa forma, são 8 338 608 as combinações possíveis entre os cromossomos de um pai e uma mãe.

Explique que as mutações e as recombinações gênicas contribuem para a variabilidade genética de uma população. A variabilidade genética pode ser definida como a variedade de alelos presentes nos indivíduos de uma determinada espécie. Isso significa que os organismos de uma espécie apresentam diferenças na composição dos seus genes, diferenças essas que determinam também variações em suas características corporais observáveis.

Orientações didáticas

Os termos “mimetismo” e “camuflagem” são amplamente conhecidos e observados no cotidiano, por isso, espera-se que os estudantes tenham uma noção, mesmo que básica, do significado deles. Sugerimos que inicie a aula solicitando à turma que cite exemplos de animais que possuem essas características.

Peça aos estudantes que observem e leiam atentamente os componentes do infográfico e levantem dúvidas que surgirem durante a leitura. Discuta as dúvidas e peça a eles que comentem os fatos que consideraram mais interessantes.

Destaque que a camuflagem é a capacidade que um organismo tem de se assemelhar ao ambiente por meio da coloração ou da forma. Essa característica permite que as presas não sejam vistas por seus predadores, no entanto, predadores também podem ser capazes de se camuflar, dificultando que sejam vistos pelas presas.

Reprodução do Livro do Estudante em tamanho reduzido.

#Para ler

Na natureza, a camuflagem é uma arte e uma necessidade

“As cores de muitos animais parecem adaptar-se à necessidade de se esconderem, seja para evitar o perigo ou para atacar a sua presa”, escreveu, em 1794, Erasmus Darwin, avô do autor de “A Origem das Espécies”. Na sua célebre obra, Charles Darwin argumentou que a evolução de qualquer ser vivo depende da ação da seleção natural, um mecanismo que favorece traços hereditários que jogam a favor da sobrevivência e da reprodução. Estratégias evolutivas como a cripse, que permite aos organismos passarem despercebidos na natureza, ou o mimetismo, uma habilidade graças à qual muitas espécies simulam aparências estranhas, são provas disso. Não é em vão que muitas plantas, invertebrados, peixes, aves, repteis, anfíbios e mamíferos (e até bactérias e vírus) evoluíram nesse sentido.

A cripse “é uma adaptação evolutiva através da qual os indivíduos procuram alcançar níveis máximos de invisibilidade no seu ambiente, tanto para não serem vistos pelos predadores como para não alertarem possíveis presas”, explica o biólogo Albert Masó, doutorado em ecologia e evolução. “Há três tipos de cripse: visual, sonora e olfativa. A mais comum é a visual, também conhecida como camuflagem ou homotipia, através da qual uma espécie desenvolve determinadas estratégias para se fundir com o ambiente, ora apresentando homocromia (a mesma cor do ambiente), ora homomorfia (a mesma forma)”.

VAN DEN BERG, E. Na natureza, a camuflagem é uma arte e uma necessidade. *National Geographic Portugal*, 31 ago. 2020. Disponível em: https://nationalgeographic.pt/natureza/grandes-reportagens/2213-na-natureza-a-camuflagem-e-uma-arte-e-uma-necessidade. Acesso em: 27 maio 2022. Tradução da autora.

Elaborado com base em: REECE, Jane B.; URRY, Lisa A.; CAIN, Michael L.; WASSERMAN, Steven A.; MINORSKY, Peter V.; JACKSON, Robert B. *Biologia de Campbell*. Tradução Anne D. Villela *et al.* 10 ed. Porto Alegre: Artmed, 2015.

Mimetismo e camuflagem/ El Bálsote S.A.

Mimetismo
É a adaptação de alguns seres vivos ao terem características semelhantes a outras espécies e assim enganando predadores ou presas.

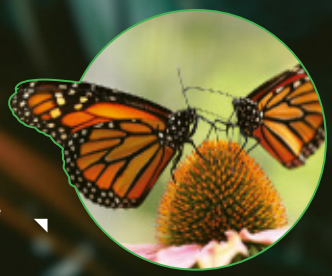
Mecanismos de mimetização
São mecanismos que permitem a algumas espécies aparentarem ser mais perigosas ao imitarem ou se parecerem com outras espécies.

Camaleão

Mimetismo batesiano

Esse nome foi uma homenagem a Henry Bates. Corresponde a uma adaptação em que uma espécie indefesa apresenta características semelhantes às de uma espécie tóxica para os predadores, que a evitam por conta disso.

Por exemplo, várias espécies de borboletas são semelhantes às borboletas tóxicas do gênero *Heliconius*.

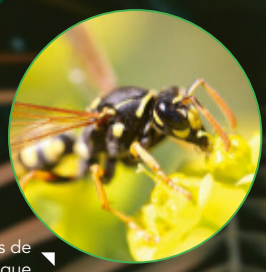


Borboleta-monarca

Mimetismo mülleriano

Esse nome foi uma homenagem a Fritz Müller. Neste caso, duas ou mais espécies apresentam as mesmas características que funcionam como alertas de advertência aos predadores, como cores chamativas.

Por exemplo, algumas espécies de vespas têm cores chamativas que afugentam

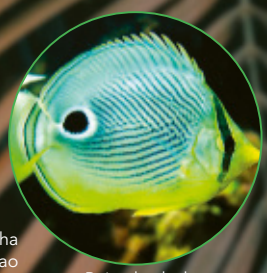


Vespa

Automimetismo

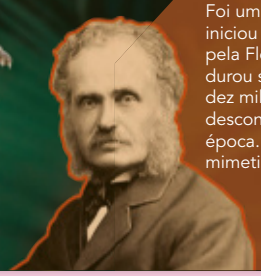
Trata-se do caso em que uma característica do corpo tem o aspecto de outra estrutura, o que espanta os predadores. Por exemplo, manchas similares a olhos ou extensões que se movem, como caudas.

Por exemplo, o peixe-borboleta apresenta uma mancha que lembra um olho, confundindo o predador quanto ao local exato de sua cabeça.

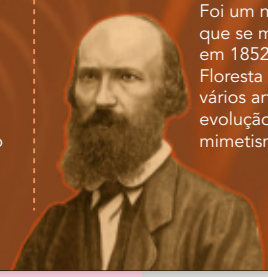


Peixe-borboleta

Henry Bates
Foi um naturalista inglês que iniciou uma expedição em 1848 pela Floresta Amazônica, que durou seis anos. Estudou mais de dez mil espécies, a maioria delas desconhecidas dos naturalistas da época. Ele observou e descreveu o mimetismo nas borboletas.



Fritz Müller
Foi um naturalista alemão que se mudou para o Brasil em 1852 estudou espécies da Floresta Amazônica. Escreveu vários artigos sobre a teoria da evolução e identificou o tipo de mimetismo que leva seu nome.



Reprodução do Livro do Estudante em tamanho reduzido.

Orientações didáticas

Chame a atenção dos estudantes para as estratégias de mimetismo apresentadas no infográfico. Comente que o mimetismo é semelhante à camuflagem, porém, em vez de os organismos se assemelharem ao ambiente, eles se assemelham a outras espécies. Um exemplo bastante conhecido é o que ocorre com as serpentes da família *Dipsadidae*, popularmente chamadas de falsas-corais.

#Atividade complementar

Mimetismo e camuflagem

Peça aos estudantes que escolham um tipo de mimetismo ou camuflagem apresentado no infográfico, pesquisem exemplos dele e elaborem uma história em quadrinhos com base nesse exemplo, na qual essa característica seja evidenciada. A atividade pode ser realizada em parceria com o(a)s professore(a)s de Arte e Linguagens. Além de explorar a criatividade do estudante e estimular a curiosidade sobre o tema, esse exercício favorece o trabalho com **culturas juvenis**.

#Para ler

Olhos de coruja e cabeça de cobra: não é uma assombração, é uma borboleta

O que é, o que é: tem olhos de coruja, cabeça de cobra e voa pela noite atrás de alimento? Por mais que pareça uma assombração, na verdade são atributos da *Caligo sp*, espécie mais conhecida como borboleta-coruja.

Seu nome popular é fruto de uma de suas características mais marcantes: grandes manchas circulares pretas e marrons, chamadas de ocelos, muito semelhante a um olho de coruja, quando vistas de baixo. Segundo os especialistas, essa peculiaridade é fundamental para a sobrevivência da espécie, já que ao abrir as asas com dois grandes olhos arregalados, ela fica parecendo um animal muito maior, o que assusta os predadores.

[...]

OLHOS de coruja e cabeça de cobra: não é uma assombração, é uma borboleta. *Instituto Butantan*, São Paulo, 22 mar. 2022. Disponível em: https://butantan.gov.br/bubutantan/olhos-de-coruja-e-cabeca-de-cobra-nao-e-uma-assombracao-e-uma-borboleta. Acesso em: 27 maio 2022.

Orientações didáticas

Para iniciar a abordagem deste tópico, sugerimos comentar com os estudantes que, apesar de a evolução ser um processo geralmente longo, que afeta várias gerações de indivíduos e provoca alterações drásticas no ambiente, como as causadas por catástrofes naturais ou pelos impactos intensivos do ser humano, em algumas espécies esse processo pode acontecer de forma rápida, diante de nossos olhos.

Peça aos estudantes que citem exemplos de interferência do ser humano nos ambientes naturais e, se possível, associe as mudanças ambientais citadas às adaptações de alguns organismos. Retome o exemplo das mutações do vírus SARS-Cov-2 e os impactos dessas mutações na sociedade.

A evolução das espécies diante de nossos olhos

A evolução biológica é uma característica da vida na Terra. Foi por meio da variabilidade genética e da descendência com modificação que se estabeleceu, no decorrer de bilhões de anos, a diversidade de espécies que já viveu, a que vive e a que ainda viverá no planeta. Algumas dessas alterações são tão lentas que não conseguimos observar no tempo de uma vida. Em outros casos, algumas alterações podem ser percebidas ao longo de poucas gerações.

Mais recentemente na história do planeta, as atividades humanas têm interferido no ambiente e, consequentemente, na sobrevivência e na evolução das espécies. São alguns exemplos de interferências as queimadas, o desmatamento, as mudanças climáticas, a contaminação da água e o uso inadequado de defensivos agrícolas.

No caso do uso inadequado de defensivos agrícolas para reduzir populações de insetos considerados pragas em plantações, uma mudança pode ser percebida em relativamente pouco tempo. Diversas espécies de insetos se tornaram resistentes a esses defensivos, ou seja, os indivíduos dessas espécies já não morrem com o uso desses produtos ou são necessárias cada vez mais aplicações deles para que o número de insetos na lavoura seja reduzido.

A observação desse fenômeno é possível porque os insetos apresentam um ciclo de vida curto e geram muitos descendentes a cada ciclo reprodutivo. A cada reprodução podem acontecer mutações gênicas, ocorrendo a recombinação gênica, e, com isso, podem surgir ao acaso indivíduos resistentes aos defensivos agrícolas em uma população. Assim, quando esses produtos são aplicados, a maioria dos insetos da população morre, sobrevivendo apenas os indivíduos com a alteração nos genes. Eles, por sua vez, vão se reproduzir, podendo gerar descendentes também resistentes.

Isso também é o que ocorre no caso das bactérias que se tornam resistentes a determinados antibióticos, que são as únicas substâncias capazes de conter as infecções causadas por esses microrganismos. Isso acontece porque a presença frequente de um antibiótico no organismo pode selecionar as bactérias resistentes a ele. Essa resistência a um antibiótico se origina de mutações gênicas que alteram certas características da bactéria e, como resultado, ela pode sobreviver à ação do medicamento.

Adriano Kirihara/Pulsar Imagens

Pulverização de defensivos agrícolas em plantação de laranja em Cristalina (GO), 2019. O uso de defensivos agrícolas é um fator relacionado à atividade humana que pode interferir na evolução de espécies de insetos.

Reprodução do Livro do Estudante em tamanho reduzido.

#Para ler

[...] Os seres humanos moldaram os corpos de outras criaturas pelo menos desde que os cachorros foram domesticados, cerca de 30 mil anos atrás. Mas a combinação entre a agricultura industrializada, espécies introduzidas, urbanização, poluição e mudanças climáticas está criando pressões seletivas inéditas. Nós nos tornamos a maior força evolutiva do mundo.

O tempo evolucionário – ao menos para organismos maiores e mais complexos – pode ser lento. Isso deixa muitos animais incapazes de se adaptar rápido o suficiente para lidar com um planeta dominado pelos humanos, com a taxa de extinção hoje em dia até 1 mil vezes maior que a taxa com que espécies poderiam normalmente desaparecer, sem a interferência humana.

Mas mudanças rápidas também são possíveis [...]. As chamadas microevoluções podem acontecer no período de apenas algumas gerações. Talvez o mais famoso exemplo seja a mariposa apimentada, que mudou de um branco salpicado para uma coloração preta, em resposta à fuligem e à poluição atmosférica vinda das chaminés da Grã-Bretanha na época da Revolução Industrial. Pesquisadores da Universidade de Liverpool identificaram a mutação genética que provocou a mudança de cor e calcularam quando ela pode ter ocorrido: em 1819.

A mudança de cor da mariposa apimentada foi observada pela primeira vez em 1878, por um colecionador de borboletas, que compartilhou sua descoberta com o naturalista Charles Darwin. O grande Darwin parece ter ignorado a descoberta, embora posteriormente outros tenham sugerido que ela serviu de evidência para suas ideias sobre seleção natural. [...]

FARRIER, D. Como os seres humanos interferem cada vez mais na evolução de seres vivos. BBC News Brasil, 3 fev. 2022. Disponível em: https://www.bbc.com/portuguese/internacional-60201098. Acesso em: 27 maio 2022.

Evidências evolutivas

São chamados de **evidências do processo evolutivo** os elementos que dão suporte à teoria evolutiva. Como estudamos no início deste capítulo, novas ideias científicas nem sempre são aceitas por toda a comunidade científica de imediato, e as teorias científicas podem mudar a qualquer momento, caso novas evidências surjam. No entanto, no caso da evolução, mesmo com muitos questionamentos no decorrer do tempo, as evidências científicas vêm validando a teoria e mostrando que o processo evolutivo ocorre constantemente.

Evidências paleontológicas

São evidências evolutivas relacionadas à identificação de fósseis, que podem ser partes ou vestígios de organismos que viveram há milhares ou até milhões de anos. Os fósseis de organismos extintos podem ser usados para estabelecer relações evolutivas com espécies atuais e ajudar a contar a história da Terra e da evolução dos seres vivos. Juntamente com estudos do solo e das rochas, os fósseis permitem inferir detalhes de como era a vida no planeta há milhões de anos.

Natalia van D/Shutterstock

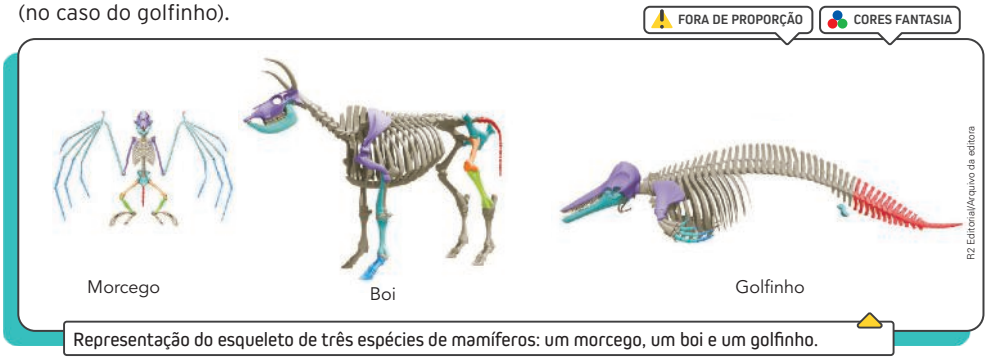
O estudo do fóssil da espécie *Archaeopteryx litographica* forneceu novos elementos às pesquisas que investigam a relação evolutiva entre as aves e os répteis atuais. Alguns pesquisadores consideram que essa espécie deve ter sido uma das primeiras aves existentes no planeta.

Evidências anatômicas

Essas evidências estão relacionadas às variações anatômicas que uma espécie ou um grupo de seres vivos pode sofrer devido a mutações ou recombinação gênica e que passam pelas gerações. O estudo comparado da anatomia de diferentes espécies permite identificar semelhanças entre elas e determinar padrões evolutivos.

Por exemplo, os mesmos tipos de ossos estão presentes em diferentes espécies de mamíferos, o que indica que há uma relação de parentesco evolutivo entre elas. Essas espécies passaram pelo processo de seleção natural em diferentes ambientes, resultando na diferenciação de suas estruturas e favorecendo o deslocamento desses animais nos meios em que vivem.

Note, no esquema a seguir, os mesmos ossos no esqueleto de um morcego, no de um boi e no de um golfinho. A diferenciação das estruturas se deu favorecendo o deslocamento por meio do voo (no caso do morcego), em ambiente terrestre (no caso do boi) e em meio aquático (no caso do golfinho).



Representação do esqueleto de três espécies de mamíferos: um morcego, um boi e um golfinho.

Reprodução do Livro do Estudante em tamanho reduzido.

#Para ler

Paleontólogos identificam espécie que é ancestral das aves

Semelhante aos pássaros da atualidade, a nova espécie demorou 7 anos para ser reconhecida

Considerado o primeiro pássaro da história, o *Archaeopteryx albersdoerferi* agora carrega o título do fóssil em transição entre os pássaros e os dinossauros. Paleontologistas encontraram espécies 400 mil anos mais jovens do que as descobertas até então e mais parecidas com os pássaros.

Os fósseis apresentam características evolutivas que podem considerá-lo como os ancestrais das aves. Segundo estudo publicado no periódico Historical Biology, as novas espécies do *Archaeopteryx* são um intermediário evolutivo entre os pássaros e os dinossauros, possuindo dentes e patas com garras.

[...]

PALEONTÓLOGOS identificam espécie que é ancestral das aves. *Galileu*, 26 out. 2018. Disponível em: https://noticias.ambientebrasil.com.br/clipping/2018/10/29/148058-paleontologos-identificam-especie-que-e-ancestral-das-aves.html. Acesso em: 20 abr. 2023.

Orientações didáticas

Sugerimos que inicie o tema explicando que as teorias evolutivas sugerem que os organismos se modificaram desde o seu surgimento até os dias atuais e que alguns deles não sobreviveram às pressões exercidas pelo ambiente e acabaram sendo extintos. As evidências evolutivas que sustentam a ideia da teoria evolutiva dão suporte para que ela seja estudada e defendida.

Comente que as evidências evolutivas são divididas nos seguintes grupos: evidências paleontológicas, evidências embrionárias, evidências anatômicas, evidências vestigiais e evidências moleculares.

Ao tratar sobre os tipos de evidências, sugerimos que utilize a **metodologia ativa** da sala de aula invertida, favorecendo que o estudante atue como protagonista do processo de aprendizagem. Peça aos estudantes que, em suas casas, leiam as características de cada tipo de evidência. Depois, solicite que se organizem em grupos, escolham uma das evidências e elaborem uma apresentação sobre ela em formatos variados. Oriente-os na escolha da evidência para evitar repetições nas apresentações e estimule-os a utilizar recursos diversos, como vídeos, *whiteboard*, *podcast*, cartazes, entre outros. As apresentações podem ser expostas para as demais turmas e disponibilizadas nas mídias digitais da escola, favorecendo, dessa forma, a aproximação deles com as **culturas juvenis**.

Outra proposta é a construção de infográficos com dados sobre as evidências evolutivas. Incentive-os a pesquisar exemplos diferentes dos citados no livro e nas explicações, e lembre-os de utilizar imagens e desenhos para enriquecer o infográfico.

#Atividade complementar

Evidências evolutivas

Realize algumas pesquisas sobre as evidências evolutivas e, com base nelas e nas informações disponíveis no livro, elabore um infográfico. No centro da página, escreva "Evidências evolutivas" e, no entorno do título, adicione os tipos de evidências, suas características e alguns exemplos. Complemente seu infográfico com imagens ou desenhos.

#Para saber

De onde vêm os fósseis

O vídeo, com cerca de 11 minutos de duração, trata sobre as evidências fósseis da evolução dos seres vivos. Disponível em: https://www.youtube.com/watch?v=WUPECN3YPz0. Acesso em: 28 maio 2022.

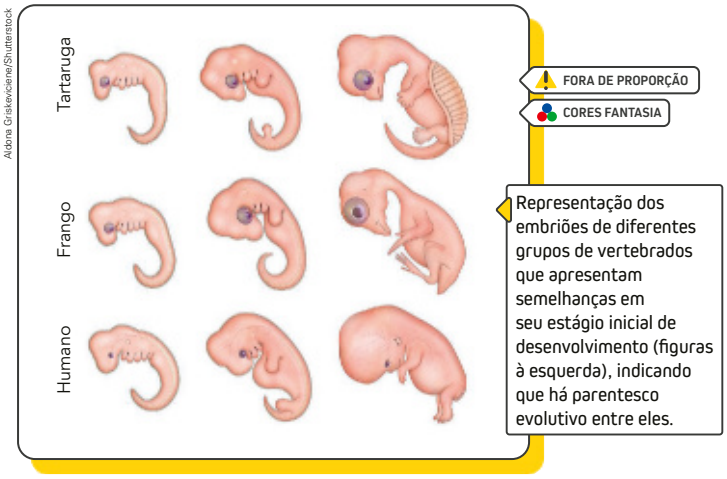
Orientações didáticas

Finalize a abordagem do tema relacionando-o ao próximo tópico. Comente que os diversos tipos de evidências apresentados provam que as espécies evoluíram ao longo do tempo, mudando características fisiológicas e morfológicas. Em alguns casos, se tornaram tão diferentes que levaram à formação de novas espécies. Esse processo é chamado de especiação.

Destaque que a especiação pode ocorrer de formas diferentes, uma delas é resultante do isolamento geográfico. Caso considere pertinente, exponha o vídeo sugerido no boxe *#Para saber +*. Após a exposição do vídeo, organize uma roda de conversa e peça aos estudantes que comentem a especiação dos caboclinhos, discutindo se houve isolamento geográfico ou se a especiação ocorreu de outra forma.

Evidências embriológicas

As evidências embriológicas estão relacionadas à comparação entre embriões de diferentes espécies. As semelhanças encontradas podem indicar que existe parentesco evolutivo entre eles. Um exemplo é o que ocorre com os vertebrados: os embriões de peixes, aves, anfíbios, répteis e mamíferos são muito semelhantes entre si nos primeiros estágios de desenvolvimento. Após os estágios iniciais, os embriões de cada grupo se diferenciam e prosseguem na sequência do desenvolvimento. Isso indica que todos os vertebrados apresentam uma proximidade evolutiva.



Aldona Griskeviciene/Shutterstock

Evidências moleculares

As evidências moleculares foram acrescentadas mais recentemente nos estudos de evolução pela descoberta do DNA e de sua estrutura, na década de 1950. Elas consistem na identificação de semelhanças entre o DNA de diferentes espécies e, quanto à forma como os genes estão arranjados e levando em conta como isso se relaciona com a expressão das características. Uma parte considerável da classificação dos seres vivos e da sua história evolutiva foi revista após o uso das evidências moleculares.

Especiação

Ao ler a palavra "especiação", você deve ter pensado em espécie. E é isso mesmo: **especiação** é o nome dado ao processo de formação de novas espécies.

Existem diferentes tipos de especiação e maneiras como ela pode ocorrer. Uma delas é o processo de especiação resultante de **isolamento geográfico**, que ocorre quando a população de uma espécie é dividida por uma **barreira geográfica** que antes não existia, que pode ser um rio que teve mudança de curso, o aparecimento de uma cadeia de montanhas, a subida do nível do mar, a separação de áreas terrestres, entre outras.

Reprodução do Livro do Estudante em tamanho reduzido.

#Para saber

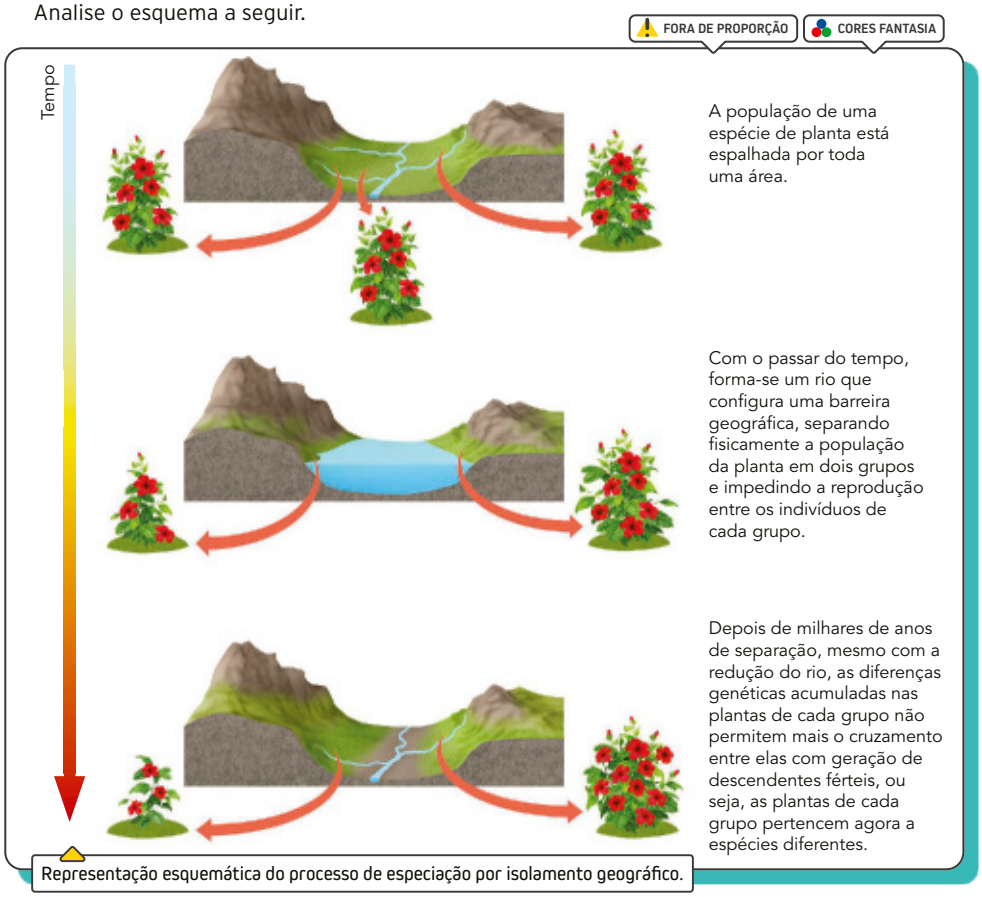
Esses passarinhos mostram como surgem espécies
O vídeo, com cerca de 6 minutos de duração, explica, usando o exemplo das aves conhecidas como caboclinhos, o processo de especiação.
Disponível em: https://www.youtube.com/watch?v=W72i-Ahk05o&ab. Acesso em: 28 maio 2022.

Nesse processo, a barreira geográfica impede que os dois grupos separados se reproduzam entre si. Com o passar do tempo, novas características podem surgir em cada subpopulação, tornando-as cada vez mais distintas. Essa distinção impede que gerem descendentes férteis, que é o que define uma espécie biológica.

O processo de isolamento geográfico leva cada subpopulação a ter seu processo evolutivo separado, o que, com o tempo, conduz ao acúmulo de diferenças entre os indivíduos desses grupos, caracterizando a formação de duas ou mais **subespécies**.

O que caracteriza as subespécies é o fato de serem originadas de populações da mesma espécie que vivem geograficamente isoladas e, por isso, acabam desenvolvendo diferenças genéticas. Uma subespécie pode, no decorrer do tempo, evoluir a um ponto em que as diferenças genéticas entre seus indivíduos impeçam o cruzamento com indivíduos das outras populações, mesmo que o isolamento geográfico seja superado. Essa é uma evidência de que ocorreu a formação de uma nova espécie.

Analise o esquema a seguir.



Representação esquemática do processo de especiação por isolamento geográfico.

Reprodução do Livro do Estudante em tamanho reduzido.

Orientações didáticas

Continue a abordagem sobre a especiação, explicando o conceito de subespécie. Esclareça que o conceito de espécie, utilizado didaticamente, é o que corresponde a indivíduos que podem se reproduzir e gerar descendentes férteis, portanto, a especiação só se completará quando as populações não conseguirem mais se reproduzir entre si, produzindo descendentes férteis de maneira natural.

Peça aos estudantes que observem atentamente a representação do processo de especiação e como esse processo ocorre. Estimule-os a descrever com suas palavras a representação. Destaque que existem diferentes tipos de especiação, e o representado nesta página está relacionado ao aparecimento de uma barreira geográfica, no caso, um rio.

Essa barreira, então, passa a dividir as populações iniciais de determinada espécie, isolando-as do contato. Considerando que as condições não são iguais nos dois ambientes, a seleção natural atua de maneira diferente sobre as populações, que passam a evoluir de forma independente. Com o passar do tempo, essas diferenças se tornam acentuadas, impedindo que as espécies se reproduzam entre si, mesmo que futuramente o isolamento seja revogado. Devido às suas diferenças, essas espécies não conseguem se reproduzir, seja por mudanças morfológicas, seja por mudanças comportamentais, gerando um isolamento reprodutivo entre as populações.

Ressalte para os estudantes que costumamos utilizar rios largos e montanhas para representar as barreiras geográficas, porém, o isolamento geográfico pode ocorrer em diferentes escalas e as barreiras também podem ser barragens, construções, desmatamento, ou até mesmo a presença de predadores em um determinado local.

#Para saber

Alcatrazes: um mundo perdido no litoral paulista
Série de reportagens sobre o arquipélago dos Alcatrazes, localizado no litoral norte de São Paulo. O *site* apresenta uma introdução histórica sobre a região, conhecida entre os cientistas como "a Galápagos do Brasil", além de informações sobre fauna e flora terrestres e marinhas.
Disponível em:
https://infograficos.estadao.com.br/especiais/alcatrazes/.

Como rios e várzeas influenciam a formação de espécies na Amazônia?
O vídeo, elaborado por pesquisadores da Agência Fapesp, com cerca de 5 minutos de duração, explica o papel dos rios e das várzeas na formação de espécies na Amazônia.
Disponível em:
https://www.youtube.com/watch?v=7BA5EEDcbsg.
Acesso em: 27 maio 2022.

Orientações didáticas

Por meio da *#Atividade complementar* proposta a seguir, pode-se avaliar a capacidade de síntese dos estudantes, além da clareza na descrição de fatos. Também é possível avaliar a compreensão dos conceitos trabalhados neste tópico.

Ao finalizar esse tema, os estudantes serão capazes de discutir a evolução e a diversidade das espécies, com base na atuação da seleção natural sobre as variantes de uma mesma espécie.

#Para interpretar

As atividades deste boxe oferecem aos estudantes a oportunidade de desenvolver as habilidades de leitura, uma vez que demandam processos de compreensão e inferência de textos. Após a leitura do texto, peça aos estudantes que respondam às atividades no caderno e, depois, disponibilize um período para discutir a leitura e as respostas.

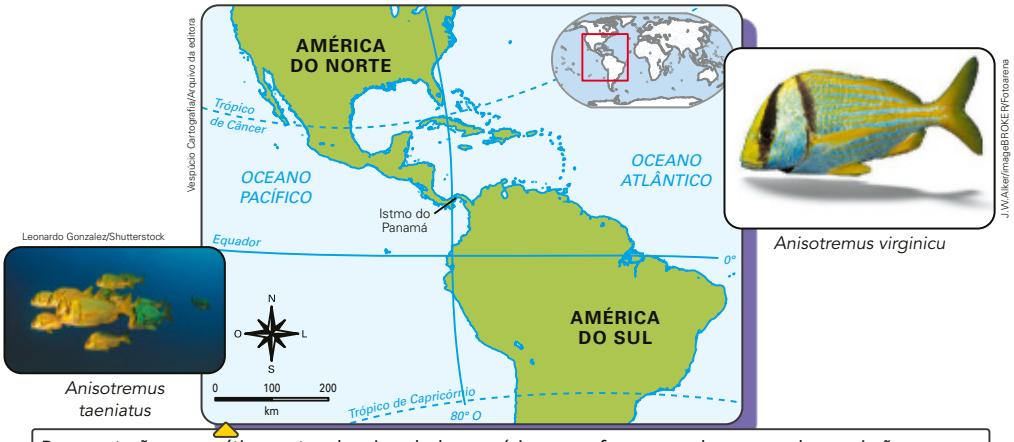
1. Espera-se que os estudantes indiquem que os rios, as áreas alagadas e as diferentes condições ambientais da floresta permitem que barreiras geográficas se desenvolvam entre as espécies durante os milhares de anos de sua formação. Com isso, foi possível a formação de uma grande quantidade de espécies.

Um exemplo de especiação devido ao isolamento geográfico ocorreu há milhões de anos na região entre a América do Sul e a América do Norte. Esses continentes eram separados pelo oceano, até a formação do **istmo** do Panamá, na América Central. A partir disso, populações de animais marinhos de uma mesma espécie foram separadas e isoladas geograficamente, ficando a leste e a oeste do istmo do Panamá, que representou uma barreira geográfica para elas.

Istmo: estreita faixa de terra que liga duas áreas maiores.

FORA DE PROPORÇÃO

CORES FANTASIA



Representação esquemática mostrando peixes de duas espécies que se formaram pelo processo de especiação por isolamento geográfico que ocorreu com a formação do istmo do Panamá, há milhões de anos.

Com o passar do tempo, os indivíduos dessas duas populações acumularam diferenças genéticas por mutações e recombinação gênica, e passaram por seleção natural, com diferenças nos ambientes em que cada grupo vivia. Após milhares de anos, tornaram-se espécies diferentes pelo processo de especiação.

#Para interpretar

NÃO ESCREVA NO LIVRO

Leia o texto a seguir e depois responda à questão:

> Um grupo de cientistas da Universidade de Brasília, em parceria com instituições de ensino europeias, chegou à conclusão de que o rio Amazonas deságua no oceano Atlântico há, pelo menos, nove milhões de anos. Outra revelação desta pesquisa foi que antes o rio corria para a costa oposta, o Pacífico, do outro lado do continente sul-americano [...].
>
> [...] o fato de o rio Amazonas desembocar no Atlântico hoje foi ocasionado no passado pelo movimento das placas tectônicas Nazca e Sul-Americana, sobre as quais a América do Sul se localiza.

JULIÃO, M. Sobre a origem do rio Amazonas. *UnB Ciência*, Brasília, DF, 19 jul. 2019. Disponível em: https://www.unbciencia.unb.br/exatas/45-geociencias/602-novidades-sobre-a-origem-do-rio-amazonas. Acesso em: 8 mar. 2022.

1 **Pensando em como se dá o processo de especiação, explique como a mudança no curso do rio Amazonas pode ter favorecido, ao longo de milhões de anos, a formação de novas espécies na Floresta Amazônica.** **1.** Resposta pessoal. Consulte as Orientações didáticas.

Reprodução do Livro do Estudante em tamanho reduzido.

#Atividade complementar

Especiação

Organize os estudantes em duplas e solicite que pesquisem em livros ou na internet para escrever a história de uma especiação. Oriente-os para que escolham espécies e tipos de especiações diferentes. Após a elaboração, peça que troquem a sua história com a de outra dupla e desenhem em formato de quadrinhos a história elaborada pelos colegas. Essa atividade pode ser realizada em parceria com o(a)s professore(a)s de Arte e Linguagens.

#ATIVIDADES

NÃO ESCREVA NO LIVRO

Consulte as Orientações didáticas para respostas e comentários das atividades.

1. A ideia do fixismo era muito popular no século XVIII e defendia que os seres vivos não se transformam, mas surgem e permanecem iguais por toda a sua existência. No entanto, a identificação de fósseis de diferentes espécies foi uma das primeiras evidências a invalidar essa ideia. Explique de que maneira isso aconteceu.

2. Lamarck publicou seus estudos sobre os seres vivos, sua diversidade e transformação em 1809, em um contexto em que a ideia amplamente aceita no meio científico era o fixismo. Explique de que maneira as ideias de Lamarck contribuíram para o estudo da evolução dos seres vivos.

3. Charles Darwin publicou *A Origem das espécies*, obra que veicula a explicação de suas ideias referentes à evolução dos seres vivos. A obra é considerada um marco na história da ciência e revolucionou os estudos sobre os seres vivos nas suas diversas áreas. Explique por que não se pode dizer que Darwin construiu esses conhecimentos sozinho nem chegou sozinho às conclusões sobre o conceito de seleção natural.

4. Leia o texto e responda às questões:

> “[...] Segundo Lamarck [...] muitas vezes animais e plantas precisavam lidar com mudanças em seus ambientes. E o faziam ajustando seus hábitos. Esses novos hábitos, por sua vez, produziram modificações físicas que eram passadas para a prole. [...] Toupeiras, após começarem a viver no subsolo, pararam de usar a visão, por isso, ao longo de várias gerações seus olhos ficaram pequenos e frágeis.”

KOLBERT, Elisabeth. *A sexta extinção*: uma história não natural. Tradução de Mauro Pinheiro. Rio de Janeiro: Intrínseca, 2015. p. 51.

kubais/Shutterstock

Toupeira (*Talpa europaea*), animal que habita regiões da América do Norte, Europa e Ásia (mede cerca de 20 cm de comprimento).

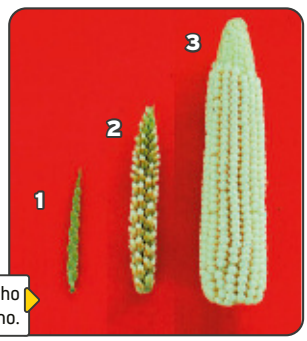
a) Quais leis descritas por Lamarck podem ser identificadas no texto? Explique a relação entre elas e o exemplo da toupeira.

b) Com base na teoria de Darwin, como poderia ser explicado o fato de as toupeiras terem olhos pequenos e frágeis?

5. A teoria da seleção natural baseia-se principalmente na variação de características entre os indivíduos de uma mesma espécie. Como a seleção natural se relaciona com essa variabilidade?

6. Esta imagem mostra o teosinto, planta que foi modificada por seleção artificial e originou o milho primitivo (imagem 2), que, por sua vez, foi modificado até chegar ao milho atual (imagem 3). Sobre isso, responda às questões.

a) O processo de seleção artificial pelos seres humanos consiste em realizar cruzamentos entre indivíduos de uma espécie em busca de determinadas características. Ao observar a imagem, quais características você acha que estavam sendo buscadas com essa seleção artificial?



John Doebley/University of Wisconsin-Madison, EUA.

Comparação entre o teosinto, o milho primitivo e o milho moderno.

Reprodução do Livro do Estudante em tamanho reduzido.

Orientações didáticas

O grupo de atividades presentes nesta página e na seguinte permite ampliar e desenvolver a habilidade EF09CI11

Sugerimos que selecione alguns exercícios para que sejam feitos em sala de aula e outros em casa, com a ajuda da família ou do responsável. Separe alguns minutos de sua próxima aula para realizar a correção dos exercícios e verificar possíveis defasagens de conteúdo. Caso julgue necessário, faça uma revisão dos conteúdos abordados até o momento.

#Atividades

1. Os fósseis demonstraram que já existiram espécies que são extintas atualmente ou que tinham características muito diferentes das dos seres vivos atuais. Assim, eles indicavam que as espécies se modificavam ao longo do tempo ou que poderiam deixar de existir por alguns fatores, o que o fixismo não aceitava ou explicava.
2. Lamarck é considerado o primeiro naturalista a propor uma teoria estruturada que explicasse a evolução das espécies. Seus estudos foram muito importantes para o desenvolvimento da teoria da evolução dos seres vivos proposta por Darwin, que leu seus trabalhos.
3. A ciência é resultado de uma construção coletiva. Darwin, além de fazer observações, viajar e estudar o que encontrava em locais distantes, leu muitos trabalhos de outros pesquisadores, entre eles Lamarck e Wallace, e se correspondeu com muitos outros. Darwin conseguiu sintetizar todas essas ideias em sua teoria, mas não teria conseguido esse feito sem se apoiar em estudos já realizados ou em opiniões de outros naturalistas de sua época.
4. **a)** Podem ser identificadas a lei do uso e desuso, quando o texto cita que, por não usarem os olhos no subsolo, as toupeiras ficaram com olhos pequenos e frágeis, e a lei dos caracteres adquiridos, quando o texto diz que novos hábitos adquiridos por indivíduos produzem modificações que podem ser passadas para os descendentes.
   b) As toupeiras vivem no subsolo, sem luminosidade, então a presença de olhos não é um fator determinante para a sobrevivência. Por meio da seleção natural, os indivíduos com olhos reduzidos foram sendo selecionados no decorrer das gerações, até que essa característica se tornou predominante na população.
5. Por meio da seleção natural, condições impostas pelo ambiente atuariam selecionando características de populações, que, assim, poderiam aumentar sua capacidade de sobrevivência e reprodução, passando essas características para os descendentes.
6. **a)** Com base na observação das imagens, é possível identificar que uma das características esperadas na seleção artificial era o aumento de espiga e de sementes, o que aumentaria também a produção da planta.

NÃO ESCREVA NO LIVRO

b) Darwin usou a expressão "seleção natural" inspirando-se no processo de seleção artificial, que ele já conhecia. No caso da seleção natural, como ocorre a seleção das características dos seres vivos de uma população?

7. Como podemos explicar o fato de existirem diferentes espécies de tentilhões nas diferentes ilhas de Galápagos? Em sua explicação, utilize as expressões "características adaptativas" e "seleção natural".

8. A teoria de Darwin não explicou completamente a evolução dos seres vivos, devido às limitações de conhecimentos e ao contexto da época em que ele desenvolveu seu trabalho. Somente décadas depois, outros conhecimentos foram agregados à sua teoria evolutiva, originando a teoria sintética da evolução. Que conhecimentos foram esses e como eles impactaram o entendimento da evolução dos seres vivos?

9. Esta imagem mostra uma espécie de lagarto que habita a ilha de Madagascar, situada no litoral leste do continente africano. Note que ele apresenta características semelhantes ao tronco de árvore em que está.

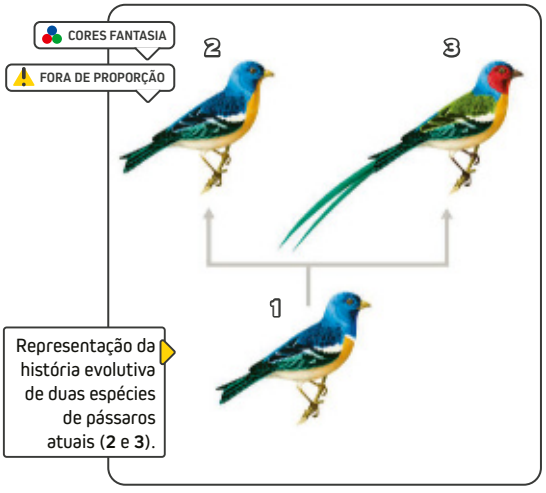
Anna Vaseltova/Shutterstock

O lagarto da espécie *Uroplatus fimbriatus* mede cerca de 30 cm de comprimento.

a) Como a semelhança do lagarto com o tronco em que ele vive pode ser explicada com base na teoria sintética da evolução?

b) Imagine que, em determinado momento, as árvores da área onde vive esse lagarto sofram uma alteração que modifique a tonalidade de seu tronco. Como essa mudança das condições ambientais poderá interferir na evolução dessa espécie de lagarto?

10. Analise o esquema a seguir, que mostra um diagrama representando relações evolutivas entre duas espécies de pássaros, e responda às questões.



R2 Editorial/Arquivo da editora

Representação da história evolutiva de duas espécies de pássaros atuais (**2** e **3**).

a) As espécies **2** e **3** vivem em duas áreas distintas de uma Floresta Tropical, separadas por um rio de cerca de 10 km de largura, formado há milhares de anos. Essas espécies podem ter se formado pelo processo de especiação por isolamento geográfico? Por quê?

b) De acordo com o esquema, pode-se afirmar que a espécie **1** é um ancestral comum das espécies **2** e **3**?

10. b) Sim, essa espécie deveria ser a que vivia no local antes da formação do rio e do processo de especiação.

Reprodução do Livro do Estudante em tamanho reduzido.

Orientações didáticas

#Atividades

6. b) Na seleção natural, variações presentes entre indivíduos de uma população podem ser selecionadas, caso confiram ao indivíduo maiores chances de sobrevivência diante das condições do ambiente em que vive.

7. Cada espécie apresentava características adaptativas às condições do ambiente, como o bico adaptado aos tipos de alimento disponíveis na ilha. Assim, a seleção natural foi atuando sobre elas, e sobreviviam os indivíduos que conseguiam se alimentar, passando essa característica para seus descendentes.

8. Os conhecimentos que foram agregados à teoria da evolução de Darwin estão relacionados à Genética, levando em conta o entendimento da hereditariedade, da estrutura dos genes e do DNA. Assim, foi possível identificar como as características eram passadas para os descendentes e que as variações de características entre os seres vivos de uma mesma espécie eram resultado de mutações e da recombinação gênica.

9. a) Por meio de mutações e de recombinação gênica, surgiram, na população, lagartos que se assemelhavam mais aos troncos do que outros. Ao longo do tempo, esses lagartos foram sendo selecionados, já que eram pouco visíveis sobre o tronco e, consequentemente, menos predados. Dessa maneira, eles conseguiam sobreviver e se reproduzir, passando essas características para os descendentes.

b) Com a mudança de tonalidade dos caules, a coloração dos lagartos fica mais evidente para os predadores, determinando outro padrão para a seleção natural, que, com o passar do tempo, pode privilegiar a sobrevivência de indivíduos com outras características.

10. a) Pode-se afirmar que ocorreu a especiação por isolamento geográfico, já que, com a formação do rio, a população foi separada e, após um tempo, diferenciada em duas espécies diferentes.

b) A resposta à questão proposta está no Livro do Estudante.

CAPÍTULO 2

Hereditariedade e Genética

Objetivos do capítulo

- Compreender a hereditariedade nos seres vivos.
- Compreender as ideias de Mendel sobre hereditariedade.
- Relacionar o material genético com a hereditariedade e a expressão das características nos seres vivos.

Na BNCC

Habilidades: EF09CI08 e EF09CI09.

oksana2010/Shutterstock

Os estudos em Genética começaram com experimentos em plantas de ervilha.

A Genética estuda os fenômenos relacionados com a hereditariedade, que é a transmissão de características de uma geração para outra. Atualmente, quando se fala em Genética se pensa em DNA e genes, pois são esses assuntos que geralmente aparecem nos programas de televisão, nos jornais e na internet. Mas existiu um tempo em que não se sabia de nada sobre esse assunto e não havia uma explicação científica acerca de por que os filhos têm características semelhantes às dos pais.

É essa história que vamos conhecer agora. Ela começou com o estudo da transmissão de características em plantas de ervilha, que, por sua vez, ajudaram a entender a hereditariedade nos seres vivos. Também vamos conhecer as contribuições de diversos cientistas para todo esse conhecimento sobre Genética que existe atualmente.

NÃO ESCREVA NO LIVRO

#Para iniciar

- Como podemos observar a hereditariedade na natureza?
- De que maneira o estudo da Genética pode impactar a vida das pessoas?

Respostas pessoais para mobilização dos conhecimentos prévios dos estudantes. Consulte as Orientações didáticas.

Reprodução do Livro do Estudante em tamanho reduzido.

#Para saber

Revista Genética na escola

Essa revista, com periodicidade semestral, publica artigos de professores de Educação Básica e do Ensino Superior. Pode-se encontrar inúmeros textos e artigos com discussões sobre a abordagem desses temas na escola, além de ideias de experimentos, jogos e abordagens ativas. Disponível em: https://www.geneticanaescola.com.br/. Acesso em: 28 maio 2022.

Orientações didáticas

Sugerimos que inicie o tema explicando que, desde os primórdios, os seres humanos têm buscado entender como ocorre a transmissão de características de um ser para outro. As primeiras ideias de hereditariedade eram simples e afirmavam que os filhos eram semelhantes aos pais, sem se pautarem em nenhum mecanismo para realizar a constatação.

Você pode explorar a imagem de abertura e comentar que, atualmente, se considera que a Genética teve início com os experimentos sobre hereditariedade realizados com ervilhas, pelo monge austríaco Gregor Mendel, e registrado em seu artigo publicado em 1866. Comente brevemente que Mendel buscava compreender por que o cruzamento entre híbridos gerava descendentes diferentes. Segundo alguns cientistas atuais, Mendel pretendia criar uma técnica para desenvolver plantas híbridas que conservassem características que eram importantes para a agricultura, como cor, formato, tamanho, produção de frutos e semente, entre outros.

#Para iniciar

Este boxe tem o objetivo de auxiliá-lo(a) na identificação dos conhecimentos, das habilidades, das atitudes e dos valores dos estudantes. Por isso, sugerimos que eles realizem o registro de suas respostas iniciais no caderno, a fim de que possam ser retomadas e revistas no final do capítulo. Isso contribuirá para que se tornem conscientes e protagonistas de suas aprendizagens.

- É possível que os estudantes indiquem exemplos de características que partilham com seus familiares para explicar o fenômeno. Caso tenham irmãos biológicos, por exemplo, podem citar que partilham algumas características em comum. Espera-se que eles relacionem suas características semelhantes ao fato de possuírem os mesmos genitores.
- Espera-se que os estudantes listem diversas possibilidades de aplicação da Genética, como exame de paternidade, aconselhamento genético, ou seja, exames para descobrir a propensão para desenvolver determinadas doenças, por exemplo, câncer, alimentos geneticamente modificados, genética forense relacionada à identificação de seres humanos, pelo DNA, para auxílio da justiça, entre outros.

Orientações didáticas

Recomendamos que inicie o conteúdo perguntando aos estudantes como eles definiriam "hereditariedade" após as discussões do boxe *#Para iniciar*. Deixe que eles se expressem e não os corrija de imediato. Você também pode pedir a eles que escrevam a resposta no caderno, para que a revejam ao final do conteúdo, ou, se desejar, anote algumas respostas no quadro de giz, para que fiquem à vista de todos.

Espera-se que os estudantes relacionem o termo ao que aprenderam no capítulo anterior, afirmando que ele está relacionado à transmissão de características de uma geração para outra, de pais para filhos.

Explique que atualmente compreendemos com facilidade o conceito de hereditariedade, porém, há muito tempo atrás as pessoas ainda não conheciam os mecanismos associados a esse fenômeno e tentavam buscar explicações para ele. Uma dessas explicações é a pangênese, uma hipótese proposta por Hipócrates, aproximadamente 410 anos antes de Cristo, segundo a qual cada órgão do corpo produzia um material hereditário específico, as gêmulas, que se agregariam, e seu conjunto seria encaminhado para o sêmen, transmitindo as características do pai para o futuro filho.

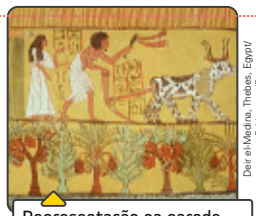
Prossiga explicando aos estudantes que, décadas depois, Aristóteles propôs que tanto o pai quanto a mãe eram responsáveis por transmitir as características para as novas gerações, pela mistura de sangues, que seriam o sêmen e o sangue menstrual. Aristóteles argumentava que a pangênese era inconsistente, por não ser capaz de explicar um indivíduo que se assemelhava aos avós, por exemplo. Foi apenas em 1667 que o naturalista Leeuwenhoek, a partir do uso dos primeiros microscópios, identificou a presença de espermatozoides no sêmen, o qual foi associado à formação dos seres vivos, quando surgiu a hipótese pré-formista. Essa hipótese afirmava que dentro dos espermatozoides existiam pequenos seres já formados que, ao entrar no útero, se desenvolviam.

No século XIX, com os avanços científicos e, principalmente da área da microscopia, percebeu-se que óvulos e espermatozoides, fecundados davam origem a novos indivíduos. Anos mais tarde, Mendel reconheceu a segregação independente e propiciou o surgimento do que conhecemos hoje como Genética moderna, consolidando a teoria cromossômica da herança. Foi na década de 1940 que novas revelações no campo da genética foram feitas a partir do avanço da tecnologia dos microscópios e de outros equipamentos.

#Hereditariedade

A ciência é construída ao longo do tempo, com a contribuição de várias pessoas que vão acrescentando conhecimentos obtidos por meio dos resultados de suas pesquisas, com o objetivo de explicar os fenômenos da natureza. Esse processo também aconteceu com a hereditariedade, que corresponde à transmissão de características hereditárias. Atualmente pode ser simples entendê-la, mas antigamente não se sabia explicar por que os descendentes se parecem com seus genitores. Isso acontece porque os estudos científicos são realizados em determinado momento histórico e dependem do conhecimento adquirido até aquele momento, das ferramentas a que os cientistas têm acesso, entre outros fatores. A área da ciência que estuda a hereditariedade é a Genética, cujo desenvolvimento no decorrer dos anos você acompanhará no esquema a seguir.

3000 a.C.: No Egito antigo, buscava-se compreender a hereditariedade realizando cruzamentos entre plantas e animais domesticados para aumentar a produção de alimentos.



Der el-Medina, Thebes, Egypt/Bridgeman/Fotoarena

Representação na parede de túmulo do Egito que mostra a mulher semeando e o homem arando a terra (1292-1187 a.C.).

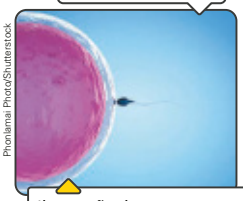
300 a.C.: Entre os gregos, o filósofo Hipócrates (460-377 a.C.) explicava a hereditariedade pela teoria de que machos e fêmeas produziriam "gêmulas" nas diversas partes do corpo. Na reprodução sexuada, gêmulas do macho e da fêmea se misturariam, passando as características para os filhos.

Itechno/Shutterstock

Estátua de Hipócrates, em São Francisco, Estados Unidos. Dados técnicos da obra não informados.

CORES FANTASIA

FORA DE PROPORÇÃO



Phonlamai Photo/Shutterstock

1840-1900: Os gametas masculino (espermatozoide) e feminino (ovócito secundário ou óvulo, dependendo do grupo de seres vivos) foram descritos em sua estrutura e função.

Ilustração de um espermatozoide junto a um ovócito secundário, tendo como modelo os gametas da espécie humana.

© Giancarlo Costa/Bridgeman/Fotoarena

1674: Foi registrada a primeira observação de espermatozoides ao microscópio pelo holandês Antonie von Leeuwenhoek (1632-1723). Ele descreveu essas células, mas ainda não sabia do que se tratava nem sua função na reprodução dos animais.

Antonie von Leeuwenhoek criou um dos primeiros modelos de microscópio. Pintura de Verkolje (1630--1693), 1680 (óleo sobre tela, 56 cm × 47,5). Museu Boerhaave, Holanda.

1866: Gregor Mendel (1822-1884) publicou seus estudos sobre a transmissão de características hereditárias em ervilhas, mas não teve o devido reconhecimento entre os estudiosos da época.

State Darwin Museum, Moscow/Bridgeman/Fotoarena

Retrato do geneticista Gregor Mendel. Pintura de Mikhail Dmitrievich Ezuchevsky (1880-1928), 1926 (pastel sobre papel, 32,5 cm x 24,5 cm).

1900: Cientistas retomaram o trabalho de Mendel (que já havia falecido). Como o conhecimento sobre células havia avançado muito, já se sabia da existência dos gametas, do material genético e da divisão celular. Foi possível, então, relacionar esses conhecimentos com as leis da hereditariedade propostas por Mendel. Diante disso, William Bateson (1861--1926) criou a disciplina de Genética, que avança até os dias atuais com novos conhecimentos.

Reprodução do Livro do Estudante em tamanho reduzido.

Os trabalhos de Mendel

Gregor Mendel era monge e, no século XIX, nos jardins do mosteiro onde morava, na atual República Tcheca, passou a realizar experimentos com o objetivo de entender a herança biológica, ou seja, a herança de características nos seres vivos. Mas o que seus experimentos tinham de tão especial?

Mendel seguiu métodos rigorosos e a lógica da ciência moderna e, principalmente, obteve sucesso por escolher como material de sua pesquisa as plantas de ervilha da espécie *Pisum sativum*. Essas plantas produzem um grande número de descendentes a cada geração e têm ciclos reprodutivos curtos, o que possibilitou a observação e a análise das características em várias gerações, em sequência.

© Look and Learn/Bridgeman/Fotoarena

Representação de Gregor Mendel cultivando ervilhas no jardim do mosteiro em que morava. Esse cultivo fazia parte dos seus estudos sobre a hereditariedade. Dados técnicos e data da obra não informados.

Ao realizar cruzamentos entre as plantas de ervilha, ele observava como as características passavam de uma geração a outra, por exemplo: cor das sementes, cor das flores, textura da casca da semente e altura das plantas.

Por meio de anotações rigorosas e análises matemáticas, Mendel encontrou padrões que se repetiam nas gerações descendentes de determinados cruzamentos, para cada característica analisada. Com base nos resultados dos cruzamentos, ele estabeleceu conclusões e propôs uma explicação para a hereditariedade.

E como eram feitos os cruzamentos entre as plantas? A parte reprodutiva das plantas de ervilha são as flores. Mendel transferia o pólen da flor de uma planta para a flor de outra, fazendo uma polinização direcionada. Isso significa que ele escolhia a característica que queria observar, selecionava duas plantas com variações dessa característica, promovia a **fecundação cruzada** e aguardava a transformação da flor polinizada em vagem, que é o fruto dessa espécie. Assim, Mendel podia verificar como eram as sementes contidas na vagem ou cultivá-las para observar as plantas resultantes desse cruzamento.

Fecundação cruzada: união de gametas de indivíduos distintos, ou seja, o gameta masculino produzido por um indivíduo se une ao gameta feminino de outro.

Reprodução do Livro do Estudante em tamanho reduzido.

Orientações didáticas

Sugerimos que inicie o conteúdo apresentando aos estudantes a animação indicada a seguir.

#Para saber

Ervilhas de Mendel
O vídeo, com cerca de 3 minutos de duração, apresenta, de maneira ilustrativa, os experimentos realizados por Mendel. Disponível em: https://www.youtube.com/watch?v=PxSRJzrkigc. Acesso em: 11 maio 2022.

Depois, explique aos estudantes que os experimentos de Mendel com ervilhas geraram conhecimentos sobre mecanismos de transmissão de características hereditárias que se expandem e se aplicam a todos os seres vivos que se reproduzem sexuadamente.

Ressalte aos estudantes que, na época dos estudos realizados por Mendel, ainda não se conhecia a existência de genes, a composição do material genético nem o modelo de DNA. Quando esses fenômenos foram descobertos, corroboraram com as pesquisas que Mendel realizou.

Recomendamos que pergunte aos estudantes "Por que Mendel escolheu as ervilhas para realizar seus experimentos, além dos motivos citados no texto?". Deixe que eles pensem e exponham suas hipóteses sobre as vantagens do uso de ervilhas para estudos de reprodução. Se necessário, relembre os estudantes dos tipos de reprodução aprendidos no 8º ano. Anote no quadro de giz as hipóteses que eles elaborarem.

Os estudantes podem citar motivos como: as ervilhas exibem diversas características fáceis de distinguir, apresentam autofecundação, são de fácil polinização, etc. Você pode comparar o ciclo reprodutivo de uma planta com o de um animal, para que os estudantes percebam a dificuldade deste último em promover a reprodução de indivíduos.

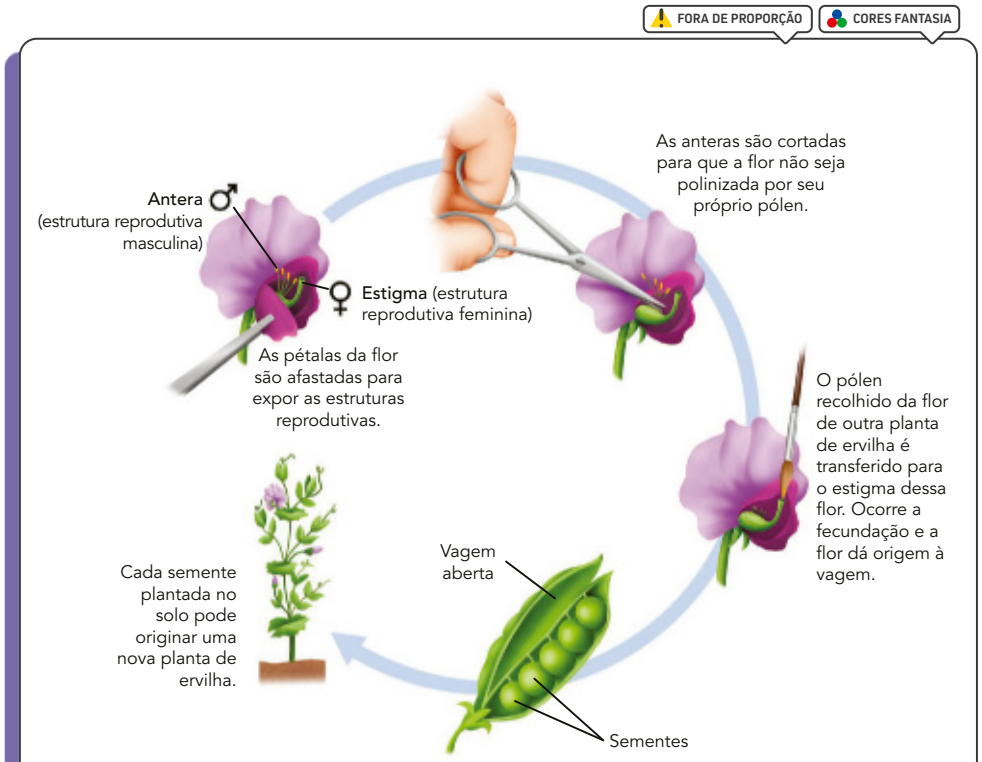
Apresentar e discutir as ideias de Mendel, assim como o processo histórico da construção desse conhecimento, favorece o desenvolvimento da habilidade EF09CI09 e da competência específica 1 de Ciências da Natureza.

Orientações didáticas

Sugerimos que explique aos estudantes que a autofecundação pode ocorrer naturalmente, quando os grãos de pólen produzidos pela estrutura masculina da flor, os estames, caem sobre as estruturas femininas, os carpelos, por ação dos ventos, da água ou de animais polinizadores. Dessa forma, quando Mendel desejava impedir a autofecundação, ele abria a flor e removia seus estames antes que a planta estivesse madura para a reprodução. Para realizar a fecundação cruzada, ou seja, fecundação entre duas plantas diferentes, Mendel recolhia os grãos de pólen da planta com um pincel e o passava na abertura do carpelo, chamada de estigma, de outra flor.

Ao explorar a técnica utilizada por Mendel, se achar pertinente, retome alguns conhecimentos de anos anteriores sobre plantas; por exemplo: as estruturas reprodutivas; a qual grupo as ervilhas pertencem (por ter flores, elas pertencem ao grupo das Angiospermas). Com esses conteúdos, os estudantes serão capazes de observar que as diferentes áreas da Biologia estão relacionadas, nesse caso, a Genética e a Botânica.

Se julgar necessário, promova um debate sobre as diferenças entre a autofecundação e a fecundação cruzada. Ressalte que a prole gerada por autofecundação apresenta menor variabilidade genética do que a gerada por fecundação cruzada. Explique os motivos dessa menor ou maior variabilidade genética, bem como sua importância na natureza. Esse assunto será mais aprofundado na página seguinte.



Representação esquemática do cruzamento direcionado entre plantas de ervilhas realizado por Mendel. A antera é a parte da flor em que os grãos de pólen são produzidos; o pólen abriga uma célula que se transforma no gameta masculino. O estigma é a parte da flor em que o pólen se fixa, iniciando a condução do gameta masculino até o gameta feminino. Observe os cuidados de Mendel para garantir a fecundação cruzada.

Exemplo de cruzamentos entre plantas de ervilha

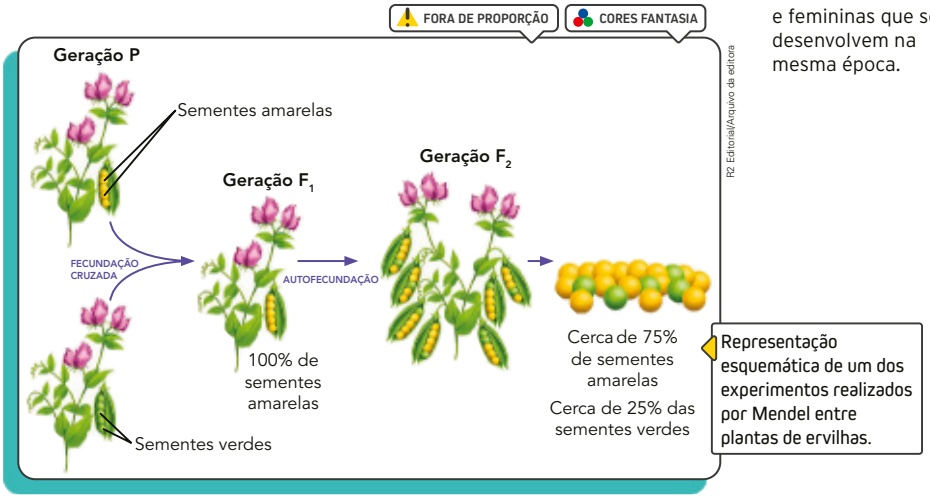
Conforme já comentamos, Mendel analisou a herança de diversas características da planta de ervilha. Vamos conhecer o experimento envolvendo uma dessas características: a cor das sementes. Essa característica apresenta duas variações nessas plantas: sementes verdes e sementes amarelas.

Mendel observou que plantas com sementes verdes, cruzadas entre si por várias gerações, produziam apenas sementes verdes. O mesmo acontecia com plantas de sementes amarelas cruzadas entre si por várias gerações. Ele chamou essas plantas de **variedades puras** para determinada característica, nesse caso, a cor da semente. Por serem variedades puras, essas plantas produziam descendentes sempre com características semelhantes às delas.

E se plantas de sementes verdes fossem cruzadas com plantas de semente amarela? Que cor teriam as sementes formadas?

Reprodução do Livro do Estudante em tamanho reduzido.

Mendel realizou esse cruzamento utilizando plantas de variedades puras para a característica cor da semente. Assim, ele promoveu o cruzamento entre plantas de sementes verdes e plantas de sementes amarelas, chamadas de geração parental (P). Das plantas que nasceram desse cruzamento, chamadas de primeira geração (F_1), todas produziram sementes amarelas. A cor verde não apareceu nas sementes resultantes desse cruzamento. Mendel, então, realizou o cruzamento entre essas plantas da primeira geração por **autofecundação**. Na segunda geração formada (F_2) foram obtidas sementes verdes e amarelas, em proporções diferentes. Observe o esquema a seguir.



Representação esquemática de um dos experimentos realizados por Mendel entre plantas de ervilhas.

Elaborado com base em: GRIFFTHS, A. J. F. *et al. Introduction to Genetic Analysis.* 10th ed. New York: W. H. Freeman, 2010.

Em Genética, a geração P corresponde aos indivíduos progenitores, ou seja, geração parental que origina descendentes ou filhos. A geração de filhos produzidos por P é chamada de geração F_1. Os indivíduos produzidos por meio do cruzamento de organismos da geração F_1 formam a geração F_2, e assim sucessivamente.

Mesmo repetindo os cruzamentos, Mendel sempre obteve resultados com a mesma proporção, tanto em F_1 quanto em F_2. A variação cor amarela da semente se manifestava em todos os indivíduos de F_2, obtidos no cruzamento de plantas de variedades puras, e ocorria em maior número na geração F_2. Então, ele denominou **característica dominante** aquela que prevalece nos resultados dos cruzamentos e **característica recessiva** aquela que não se manifesta ou aparece em menor número, dependendo do cruzamento.

No caso da cor de semente de ervilha, a cor amarela é uma característica dominante em relação à cor verde, que é uma característica recessiva.

Mendel realizou os mesmos tipos de cruzamentos para analisar a herança de outras características da planta de ervilha. Ele anotava todos os procedimentos e resultados das gerações F_1 e F_2, e analisava os dados para reconhecer padrões e tentar interpretá-los.

Autofecundação: processo em que ocorre a união dos gametas masculino e feminino produzidos pelo mesmo indivíduo. Isso pode acontecer, por exemplo, nas espécies de plantas em que a flor tem estruturas masculinas e femininas que se desenvolvem na mesma época.

Reprodução do Livro do Estudante em tamanho reduzido.

Orientações didáticas

Inicialmente, sugerimos que chame a atenção dos estudantes para a representação esquemática mostrada na página e continue a explicação da página anterior. Esclareça que o objetivo de Mendel era justificar a variação nas características encontradas nas ervilhas. Ele supunha que, se a planta tivesse semente amarela, ela teria algum fator responsável por essa coloração. Mendel supunha o mesmo em relação à planta com semente verde. Ao realizar seus experimentos, Mendel observou que plantas originadas de sementes verdes, quando cruzadas entre si, sempre produziam sementes verdes, e que isso também ocorria com as plantas de sementes amarelas. Essas plantas foram denominadas puras.

Sugerimos que comente com os estudantes que um dos diferenciais do trabalho de Mendel foi ter utilizado a matemática para realizar suas análises, empregando uma amostragem ampla para analisar as proporções encontradas de cada característica. Antes de Mendel, outros pesquisadores já haviam proposto hipóteses sobre padrões de herança, porém, ele foi o primeiro a acrescentar uma análise quantitativa aos seus estudos, o que foi fundamental para o sucesso dos seus experimentos.

Orientações didáticas

Inicialmente, sugerimos relembrar com os estudantes que Mendel obteve respostas com a geração F_2, a segunda geração de filhos, resultante do cruzamento de uma planta da geração F_1 com ela mesma por meio da autofecundação. Na geração F_2, a cor verde apareceu em cerca de 25% das sementes obtidas, e, assim, Mendel concluiu que o fator para cor verde não tinha sumido, ele apenas não se manifestava na presença do fator para a cor amarela.

Depois, explique que Mendel realizou novos cruzamentos, seguindo os mesmos princípios dos anteriores, para testar se outras características das ervilhas se manifestavam de modo semelhante. Em todos os estudos, Mendel obteve resultados semelhantes ao que já havia observado anteriormente com a cor das ervilhas. A geração F_1 apresentava características dominantes e a geração F_2 apresentava proporção média de 3 dominantes e 1 recessivo, ou seja, 75% de ervilhas amarelas e 25% de ervilhas verdes.

Durante o trabalho com o conteúdo, recomendamos que explore o quadro com as características estudadas por Mendel. Comente que ele representa as anotações de Mendel com os resultados obtidos depois de todos os seus experimentos.

Com base nos resultados dos padrões encontrados, Mendel criou a hipótese de que cada característica é determinada por um par de fatores hereditários, que hoje conhecemos como alelos, recebidos na fecundação, um do pai e outro da mãe. E, quando o organismo recebe dois fatores diferentes, é provável que uma das características prevaleça sobre a outra: a que se manifestar é considerada dominante e a que não se manifestar é considerada recessiva. Os indivíduos ditos puros têm fatores iguais, já os híbridos têm dois fatores diferentes. Essas hipóteses foram reunidas em uma lei que conhecemos como lei da segregação independente ou primeira lei de Mendel.

Comente com os estudantes que podemos enunciar a primeira lei de Mendel da seguinte forma: "Todas as características de um indivíduo são determinadas por genes que se segregam, se separam, durante a formação dos gametas, ou seja, o pai e a mãe transmitem apenas um gene para seus descendentes".

Conclusões de Mendel

Depois de quase uma década realizando cruzamentos entre plantas de ervilha, observando a herança da cor das sementes e de outras características, Mendel observou que conseguia identificar um padrão acerca de como as características se expressavam na primeira e na segunda gerações dos cruzamentos que realizava.

O quadro a seguir apresenta sete características das plantas de ervilha analisadas por Mendel, cada uma com duas variações, e como ele as classificou em dominantes ou recessivas com base nos resultados dos cruzamentos.

FORA DE PROPORÇÃO · CORES FANTASIA

Características estudadas por Mendel em ervilhas

Característica	Variação dominante	Variação recessiva
Forma da semente	Lisa	Rugosa
Cor da semente	Amarela	Verde
Forma da vagem	Lisa	Ondulada
Cor da vagem	Verde	Amarela
Cor da flor	Púrpura	Branca
Posição da flor	Axial (ao longo do caule)	Terminal (na ponta do caule)
Tamanho da planta	Alta (cerca de 2 m)	Baixa (menos de 0,5 m)

Ilustrações: R2 Editorial/Arquivo da editora

Elaborado com base em: KROGH, D. *Biology*: a Guide to the Natural World. 5th ed. Boston: Benjamin Cummings, 2011. p. 194.

Quadro com algumas características da ervilha *Pisum sativum* estudadas por Mendel.

Em todas as características estudadas, ele identificou que, no cruzamento entre variedades puras (geração P), na primeira geração (F_1) manifestava-se apenas a variação dominante. Na segunda geração (F_2), as variações se manifestavam em uma proporção aproximada de três plantas com a variação dominante para uma planta com a variação recessiva.

Com base nessas análises, Mendel descreveu suas conclusões sobre o processo de hereditariedade, que fizeram parte de um trabalho que ele publicou para a comunidade de estudiosos desse assunto na época.

Para explicar os padrões de herança que observou, Mendel propôs que cada organismo deveria apresentar um par de fatores que estariam relacionados a determinada característica. Esse par de fatores seria herdado na fecundação, um do pai e outro da mãe. Se cada fator determinasse uma variação diferente da característica, o organismo manifestaria apenas a dominante, e a variação recessiva não seria observável no indivíduo.

Essas conclusões caracterizam o que se passou a chamar posteriormente de **primeira lei da herança** ou **primeira lei de Mendel**.

Reprodução do Livro do Estudante em tamanho reduzido.

É importante lembrar que, quando Mendel realizou esses experimentos e escreveu suas conclusões, a estrutura e o papel dos gametas na fecundação ainda não eram conhecidos, tampouco se sabia da existência do DNA e dos genes.

Além disso, quando Mendel publicou seu artigo, os naturalistas da época não deram a importância devida aos seus estudos. Parte disso se deve ao contexto da época, mas também ao fato de ser o primeiro trabalho no campo dos naturalistas que tinha tantos cálculos de probabilidade, o que dificultou sua análise por essas pessoas.

Os trabalhos de Mendel somente foram retomados e discutidos aproximadamente quarenta anos depois de sua publicação, quando ele já havia falecido. A redescoberta e a identificação da importância de seu trabalho foram possíveis porque, durante as décadas em que esse trabalho ficou esquecido, o estudo da célula e da hereditariedade já havia avançado.

Atualmente, com maior conhecimento do mundo microscópico, da estrutura das células e do material genético, é possível explicar o que são os fatores propostos por Mendel e como eles determinam as características de um organismo, de qualquer espécie.

#Estude

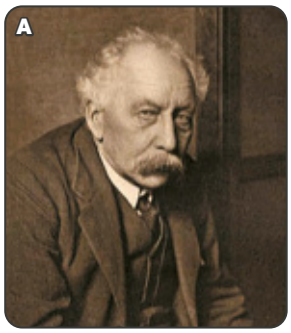
O legado de um monge invisível
Disponível em: https://revistapesquisa.fapesp.br/o-legado-de-um-monge-invisivel/. Acesso em: 14 fev. 2022.

Nessa reportagem, é possível saber um pouco mais da história de Mendel, os fatores que podem ter motivado seu estudo com ervilhas e por que seus trabalhos demoraram para ser reconhecidos.

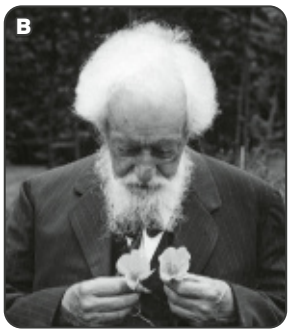
#A ciência é feita por pessoas

O trabalho de Gregor Mendel foi redescoberto simultaneamente por três cientistas que também estudavam hereditariedade. São eles William Bateson (1861-1926), Hugo de Vries (1848-1935) e Carl Erich Correns (1864-1933). Estudando plantas e outros organismos, esses cientistas chegaram a conclusões semelhantes às de Mendel. No entanto, lendo o trabalho que ele havia publicado décadas antes e com o maior conhecimento que tinham na época, conseguiram interpretar melhor seus resultados e deram a Mendel os méritos de ser o primeiro a registrar análises sobre a hereditariedade.

Por meio dessa nova leitura dos trabalhos de Mendel e da pesquisa desses e de outros cientistas posteriores, foi possível explicar os casos de hereditariedade para os quais as propostas de Mendel não se aplicavam.



The Picture Art Collection/Alamy/Fotoarena



Bettmann Archive/Getty Images

FriedrichWinterfotoFotoarena

Na fotografia **A**, o inglês William Bateson (1861-1926), na **B**, o holandês Hugo de Vries (1848-1935) e, na **C**, o alemão Carl Erich Correns (1864-1933), cientistas que redescobriram os trabalhos de Gregor Mendel sobre hereditariedade.

Reprodução do Livro do Estudante em tamanho reduzido.

#Atividade complementar

Cientistas ao longo da história
William Bateson, Hugo de Vries e Carl Erich Correns foram cientistas que redescobriram os estudos de Mendel e deram a ele o título de "pai da genética", reconhecendo seus esforços para explicar a hereditariedade.
A turma será dividida em três equipes. Cada uma delas deverá pesquisar as principais informações sobre a trajetória de um desses cientistas para compreender e relembrar que a ciência é resultado de um processo histórico que envolve diversas pessoas e estudos. Atente-se para os seguintes tópicos:

- Principais informações sobre a vida pessoal;
- Principais informações sobre a vida científica;
- Estudos realizados.

Após a pesquisa, compartilhem as informações obtidas com o restante da turma.

Orientações didáticas

Sugerimos que aproveite esse momento para relembrar os estudantes de que, na época em que Mendel realizou seus experimentos e chegou às conclusões estudadas nas páginas anteriores, pouco se conhecia da estrutura dos gametas e o papel deles era desconhecido; além disso, não se conhecia a composição do material genético nem o modelo de DNA.

Destaque aos estudantes que, infelizmente, os trabalhos de Mendel, que deram visibilidade às leis das heranças, não tiverem repercussão no meio científico na época. Há indícios de que ele tenha enviado seus estudos a diversos pesquisadores, até mesmo Charles Darwin (1809-1882), porém, aparentemente, esses estudos não foram lidos nem levados em consideração. Sem reconhecimento e sobrecarregado com seus deveres no mosteiro, Mendel abandonou o estudo científico. Seus trabalhos permaneceram esquecidos até o século XX, quando os cientistas Hugo de Vries, Carl Erich Correns e William Bateson, de maneira independente, redescobriram seus estudos e os utilizaram como base para novos conhecimentos científicos. Mendel faleceu em 1884, sem saber que seria reconhecido como o "pai da genética".

#A ciência é feita por pessoas

Neste boxe, busca-se destacar os grandes nomes por trás das pesquisas e descobertas científicas, bem como o contexto histórico no qual elas foram realizadas. Conhecer História e Filosofia da Ciência é fundamental para a compreensão de que a ciência é um processo dinâmico e mutável, relacionado com diversos fatores do cotidiano, da dinâmica da natureza, e que seus diversos conceitos foram desenvolvidos com base na metodologia científica, levando em consideração os conhecimentos adquiridos posteriormente em uma cultura ou pela comunidade científica.

Para ampliar o tema, recomendamos a *#Atividade complementar* a seguir.

Orientações didáticas

O trabalho com a Genética envolve termos que podem gerar dificuldade para os estudantes. Por isso, sugere-se desenvolver, durante o estudo desse tema, um dicionário virtual coletivo, para que os conceitos fiquem destacados e de fácil visualização para os estudantes.

É importante retomar com os estudantes a estrutura das células eucarióticas. Nesse momento, reforce que são os genes que contêm informações para a expressão de determinadas características nos seres vivos. É importante também lembrar aos estudantes que, geralmente, os cromossomos apresentados nas ilustrações são representados em uma etapa do ciclo da célula em que estão visíveis no núcleo, já que durante o ciclo celular sofrem modificações em sua estrutura.

Depois, sugerimos que comente com os estudantes que, no caso dos seres humanos, todas as células do corpo têm 46 cromossomos, exceto os gametas. O óvulo e o espermatozoide têm 23 cromossomos cada um, para permitir que a união deles forme um zigoto, com célula com 46 cromossomos. A borboleta atlas azul, por exemplo, tem 226 pares de cromossomos em suas células. Ressalte que o número de cromossomos não está relacionado com a complexidade do organismo; ter muitos cromossomos pequenos seria o mesmo que ter poucos cromossomos grandes.

Mendel e o conhecimento atual de Genética

Para compreender a interpretação dos estudos de Mendel atualmente, levando em consideração o nível celular, é importante retomar alguns conhecimentos sobre a célula e o material genético.

É importante lembrar que nas células eucarióticas o material genético fica no interior do núcleo. Tanto nas células eucarióticas quanto nas procarióticas, esse material é formado por DNA (ácido desoxirribonucleico). O DNA é uma longa molécula em que há regiões chamadas de **genes**, que contêm informações, na forma de um código, para a expressão de determinada característica. Cada molécula de DNA forma um **cromossomo**. Assim, os genes se localizam em regiões do cromossomo.

Você já ouviu falar em RNA? É uma molécula parecida com o DNA e cujo nome é ácido ribonucleico. O RNA está presente nas células de todos os organismos e é fundamental para a expressão das características codificadas pelo DNA. Existem vírus cujo material genético não é o DNA, mas o RNA.

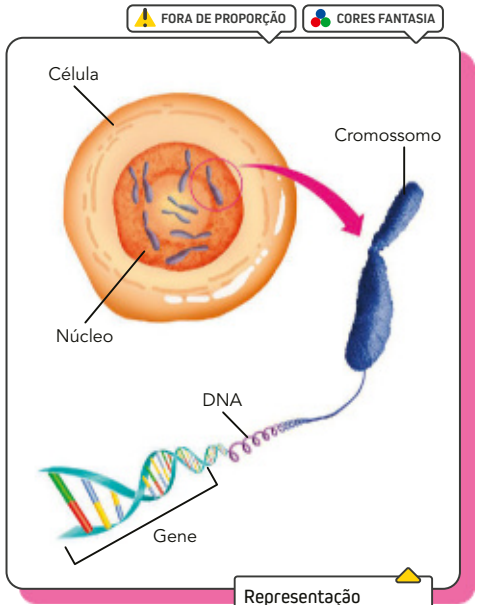
O número de cromossomos em uma célula é específico de cada espécie. Em muitas espécies, o número de cromossomos é formado por dois conjuntos, um proveniente do pai e outro, da mãe.

No caso dos seres humanos, por exemplo, recebemos 23 cromossomos do pai e 23 cromossomos da mãe, contidos nos gametas feminino e masculino. Quando os gametas se unem na fecundação, forma-se o zigoto, com 46 cromossomos. Assim, todas as células do nosso corpo têm 46 cromossomos, exceto os gametas.

Na espécie humana, assim como em muitas outras, encontramos em cada célula pares de cromossomos. Cada par é formado por um cromossomo herdado da mãe e outro do pai. Esses pares são chamados de **cromossomos homólogos**.

Cada cromossomo do par de homólogos carrega informações genéticas de cada um dos genitores para características correspondentes. Ou seja, nos cromossomos homólogos existem genes que determinam as mesmas características (como a cor dos olhos, por exemplo), porém alguns deles carregam a informação genética vinda da mãe e outro, do pai. Cada gene que corresponde à mesma característica nos cromossomos homólogos é chamado de **gene alelo**.

Portanto, os fatores citados por Mendel transmitidos dos genitores aos descendentes (cor da semente da ervilha, por exemplo) são os **alelos**, e podemos dizer que eles correspondem às diferentes formas ou variações de um gene que ocupa a mesma posição em um par de cromossomos homólogos.



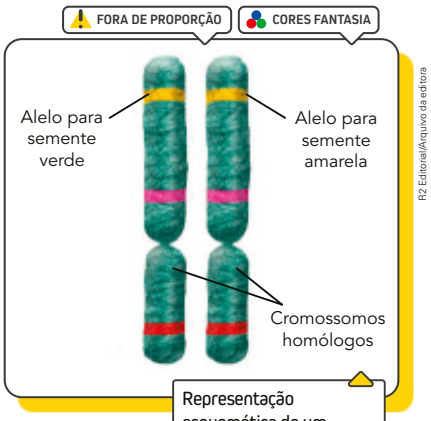
Representação esquemática do material genético de uma célula eucariótica. Os cromossomos se localizam no núcleo e são formados por DNA, onde estão os genes.

Reprodução do Livro do Estudante em tamanho reduzido.

A cor das sementes da ervilha, por exemplo, é determinada por um gene, e existem dois alelos: um que determina a cor verde e outro, a cor amarela. As plantas de variedade pura com semente verde têm dois alelos para a cor verde e as plantas de variedade pura com semente amarela têm dois alelos para a cor amarela da semente.

Já as plantas geradas por meio do cruzamento entre uma planta com sementes verdes e uma com sementes amarelas têm dois alelos diferentes, sendo um para a cor verde e um para a cor amarela. Mendel chamou as plantas que não são puras de **híbridas**.

Ele observou que, nessas plantas, embora exista um alelo para semente verde, é a cor amarela que se manifesta. Por isso, foi considerado que a cor amarela nas sementes de ervilha é uma característica dominante. Desse modo, o alelo para cor amarela da semente é dominante em relação ao alelo para cor verde, que é recessivo.



Representação esquemática de um par de cromossomos homólogos e três genes alelos, indicados por três cores distintas. Observe que para cada gene há um par de alelos, um em cada cromossomo. Os cromossomos podem ter muitos genes e, portanto, vários pares de alelos.

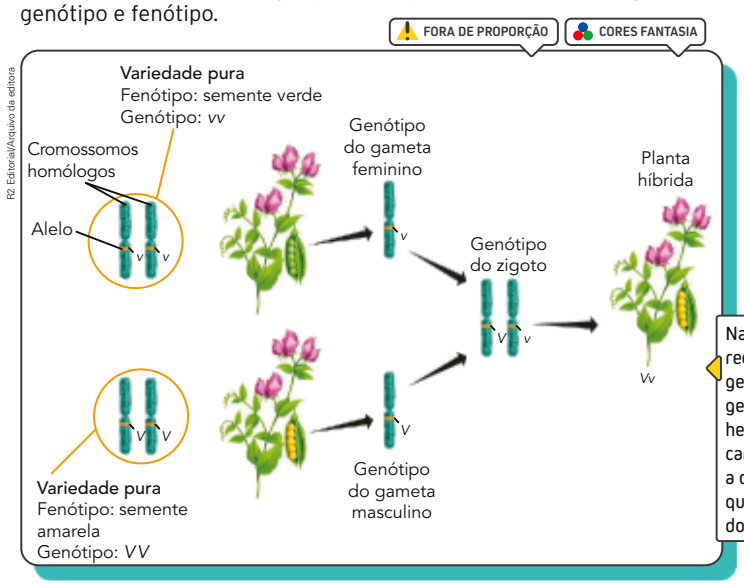
Com o objetivo de facilitar a identificação de quais alelos cada indivíduo tem, convencionou-se representá-los por letras. Os alelos dominantes são geralmente representados por letras maiúsculas (*V*, no exemplo da cor amarela da semente de ervilha) e os alelos recessivos por letras minúsculas (*v*, no exemplo da cor verde da semente de ervilha).

Os indivíduos que apresentam um par de alelos iguais para uma característica (representados por *vv* ou *VV*) são chamados de **homozigotos** e os indivíduos que apresentam um par de alelos diferentes para uma característica são chamados de **heterozigotos** (*Vv*).

O conjunto de alelos que um indivíduo apresenta em suas células corresponde ao **genótipo** e o conjunto de características manifestadas pelo indivíduo corresponde ao **fenótipo**. O fenótipo é resultado do genótipo do indivíduo e dos fatores ambientais.

Analise o esquema a seguir para compreender melhor a relação entre genótipo e fenótipo.

O que define a letra para o alelo, geralmente, é a inicial da característica recessiva. Então, se a característica recessiva é a cor verde da semente, o alelo referente a ela é representado pela letra *v* (minúscula) e o alelo da característica dominante amarela pela letra *V* (maiúscula).



Na fecundação, o indivíduo recebe um alelo de cada genitor. Nesse caso, seu genótipo é *Vv*, sendo heterozigoto para a característica e expressando a cor amarela das sementes, que é determinada pelo alelo dominante.

Reprodução do Livro do Estudante em tamanho reduzido.

Orientações didáticas

Explorando o exemplo citado no Livro do Estudante, explique que a cor da semente de ervilha é determinada por um gene (que Mendel chamou de fator) e que existem dois alelos: um determina a cor verde e o outro, a cor amarela. As plantas com semente verde consideradas puras por Mendel têm dois alelos para a cor verde. As plantas com semente amarela consideradas puras têm dois alelos para a cor amarela. E as plantas não puras, denominadas híbridas por Mendel, provenientes do cruzamento de uma planta com semente verde e uma com semente amarela, apresentam dois alelos diferentes: um para a cor amarela e outro para a cor verde. Mendel definiu que a cor amarela era dominante em relação à verde, por sua maior presença nos descendentes. Atualmente, utilizamos letras maiúsculas para determinar uma característica dominante *A*, por exemplo, e letras minúsculas para uma característica recessiva, *a*, por exemplo. Os indivíduos que têm um par de alelos iguais para determinada característica são chamados de homozigotos (*AA* ou *aa*) e os indivíduos que têm um par de alelos diferentes para a mesma característica são chamados de heterozigotos (*Aa*). Isso corrobora para o fato de a cor amarela ser dominante; por exemplo: os indivíduos *AA* ou *Aa* serão amarelos e somente os indivíduos aa, sem aparição do alelo *A*, serão verdes.

Orientações didáticas

Para melhorar o entendimento acerca do cruzamento entre plantas, sugerimos a realização da atividade "Bingo das ervilhas", disponível no artigo "Cruzamentos mendelianos: o bingo das ervilhas" do boxe *#Para saber +*. O jogo é um excelente recurso para o(a) professor(a) abordar o cruzamento de plantas, facilitando a compreensão dos estudantes sobre os conceitos de Genética e as leis de Mendel. O artigo apresenta, de maneira simples e clara, como confeccionar o bingo, assim como as regras para jogá-lo. Além disso, disponibiliza as cartelas prontas para uso, o que facilita o planejamento e a aplicação da metodologia por parte do professor.

#Para saber +

"Cruzamentos mendelianos": o bingo das ervilhas
O artigo apresenta a proposta do jogo didático para facilitar a compreensão por parte dos estudantes de conceitos importantes de Genética.
Disponível em: http://www.biologia.seed.pr.gov.br/arquivos/File/jogo_das_ervilhas.pdf. Acesso em: 28 maio 2022.

#Atividades

1. a) A característica dominante é a forma lisa e a característica recessiva é a forma rugosa. Ao cruzar uma planta de variedade pura com semente lisa e uma planta de variedade pura com semente rugosa, foram obtidas apenas sementes lisas.

b) Alelo liso *L* e alelo rugoso *r*.

Planta pura rugosa (*rr*)	Planta pura lisa (*LL*)	
	L	*L*
r	*Lr*	*Lr*
r	*Lr*	*Lr*

O esquema que analisamos anteriormente é uma das formas de representação para facilitar o entendimento da herança genética. Existem diferentes formas de fazer essas representações, por exemplo, em quadros com a indicação dos alelos para facilitar a identificação do genótipo e do fenótipo das gerações.

No quadro a seguir, por exemplo, é representado o cruzamento entre duas plantas de ervilha da geração F_1, que produzem ervilhas amarelas e são heterozigotas (*Vv*).

FORA DE PROPORÇÃO · CORES FANTASIA

Geração F_1	100% *Vv*
Autofecundação	*Vv* × *Vv*
Gametas	Gametas masculinos (V, v) · Gametas femininos (V, v)
Fecundações possíveis	
Geração F_2	*VV* · *Vv* · *Vv* · *vv*

Representação esquemática dos possíveis resultados da autofecundação das plantas de ervilha com sementes amarelas e heterozigotas (híbridas).

Ilustrações: R2 Editorial/Arquivo da editora

Elaborado com base em: HOENAGELS, M. *Biology*: Concepts and Investigations. 5th ed. New York: McGraw-Hill, 2020.

Perceba, no quadro anterior, que os alelos se separam na formação dos gametas. Durante a fecundação, um gameta feminino e um masculino se unem, formando um zigoto com um par de alelos. Observe que o resultado desse cruzamento pode gerar ervilhas com dois fenótipos diferentes (amarelas ou verdes) e três genótipos (*VV*, *Vv* ou *vv*). A proporção dos fenótipos na geração F_2 é aquela relatada por Mendel: em média, três plantas com característica dominante para uma planta com característica recessiva.

#ATIVIDADES

NÃO ESCREVA NO LIVRO

Consulte as Orientações didáticas para respostas e comentários das atividades.

1. Uma das características das sementes de ervilha que foram estudadas por Mendel foi a forma da semente, lisa ou rugosa. Ao realizar o cruzamento de uma planta de variedade pura com semente lisa e uma planta de variedade pura com semente rugosa, Mendel identificou que na geração F_1 surgiram apenas sementes lisas. Com base nessas informações, responda às questões a seguir.

CORES FANTASIA

R2 Editorial/Arquivo da editora

a) Com relação à forma da semente de ervilha, qual é a característica dominante e a característica recessiva? Justifique sua resposta.

b) Nomeie os alelos e elabore um esquema no caderno representando o cruzamento descrito no enunciado, identificando os alelos por letras de acordo com a regra que vimos neste capítulo.

Reprodução do Livro do Estudante em tamanho reduzido.

A primeira lei de Mendel em outras espécies

A primeira lei de Mendel explica a herança de diversas características, não apenas em plantas de ervilha, mas em outras espécies também, inclusive em seres humanos.

As ideias que resultaram de suas observações com plantas foram o início da explicação da hereditariedade dos seres vivos, que depois foi ampliada pelo próprio Mendel e por outros cientistas. Essa ampliação aconteceu porque existem tipos mais complexos de herança, como características que são determinadas por dois ou mais genes ou que são influenciadas por outros fatores.

O estudo da hereditariedade segue em construção no meio científico. Mas, para qualquer que seja o padrão de herança genética, a explicação no nível celular é o mesmo: os genes são herdados dos gametas dos genitores e compõem o material genético dos indivíduos. O genótipo, influenciado pelo ambiente, determina as características do indivíduo, o que se aplica a plantas, microrganismos, fungos, algas e animais.

Vamos conhecer um exemplo de herança explicada pela primeira lei de Mendel com uma espécie animal. Os porquinhos-da-índia (*Cavia porcellus*) podem ter pelo curto, que é uma característica dominante, ou pelo longo, que é uma característica recessiva. Sabendo a característica dos pais e o seu genótipo, é possível determinar a chance de os filhotes terem pelo curto ou longo.

Sabendo disso, podemos determinar que um casal de porquinhos-da-índia de pelo curto e heterozigotos ($L\ell$) poderá ter um filhote de pelo longo, já que produzem gametas com o gene recessivo ℓ, como mostrado no esquema.

Já a cor da pelagem é determinada por uma forma mais complexa de hereditariedade, que não se explica apenas com um alelo dominante ou recessivo.

Chorch/Shutterstock

Porquinho-da-índia de pelo curto (adulto, mede cerca de 25 cm).

cynoclub/Shutterstock

Porquinho-da-índia de pelo longo (adulto, mede cerca de 25 cm).

Genótipo $L\ell$	×	Genótipo $L\ell$
Fenótipo pelo curto		Fenótipo pelo curto

	Gameta *L*	Gameta ℓ
Gameta *L*	*LL* – pelo curto	$L\ell$ – pelo curto
Gameta ℓ	$L\ell$ – pelo curto	$\ell\ell$ – pelo longo

Imagens: Chorch/Shutterstock; cynoclub/Shutterstock

Quadro apresentando os possíveis resultados do cruzamento de dois porquinhos-da-índia heterozigotos para o tipo de pelo.

Reprodução do Livro do Estudante em tamanho reduzido.

Orientações didáticas

Sugerimos que inicie o tema relembrando os estudantes de que a primeira lei de Mendel, também conhecida como lei da segregação, afirma que cada característica é condicionada por um par de fatores que se separam na formação dos gametas. Nesse momento, é importante que os estudantes percebam que há diferentes tipos de herança. Há características condicionadas por um gene com dois alelos, outras por um gene com mais de dois alelos (como os grupos sanguíneos a serem estudados nas próximas páginas), e outras, ainda, relacionadas a mais de dois alelos, como estatura, cor da pele e cor dos olhos. Todas essas possibilidades podem ser alteradas com a influência do ambiente. Reforce que o meio científico segue estudando as características da hereditariedade.

Depois, sugerimos que explore o exemplo dos porquinhos-da-índia. Explique que o porquinho de pelo curto é heterozigoto (*Ll*) e produz dois tipos de gameta em igual proporção, como se pode observar na imagem. Já o porquinho-da-índia de pelo longo é homozigoto (*ll*) e origina apenas um tipo de gameta (*l*). Logo, só há dois tipos de fecundação possível em relação a esses alelos: um gameta *L* fecundará um gameta *l* ou um gameta *l* fecundará um gameta também *l*. Isso resulta em 75% de chance de o porquinho-da-índia ter pelos curtos e 25% de chance de ter pelos longos.

Ao abordar a hereditariedade em seres humanos, sugerimos que, além de explorar o exemplo do formato da linha do cabelo, cite outros exemplos que podem ser observados no cotidiano. Pergunte aos estudantes se algum deles consegue dobrar a língua formando um U; depois explique a hereditariedade dessa característica.

#Para ler

A capacidade de enrolar a língua formando um canudo é um dos exemplos clássicos, nos livros escolares de genética, de característica determinada geneticamente. Mas como quase tudo em biologia, não é tão simples assim. A explicação de por que duas pessoas geneticamente idênticas apresentam diferenças nessa característica é em si uma aula interessante de genética básica. A característica é determinada por um gene, abreviado como T, de maneira que os portadores da forma homozigota dominante (*TT*) enrolam a língua e os recessivos (*tt*), não. O interessante acontece com quem tem as duas formas do gene, os heterozigotos (*Tt*): alguns conseguem e outros não. Mais exatamente, pelo menos no Sul e Sudeste do Brasil e na Europa, onde foram feitos estudos, a forma dominante do gene é mais comum do que a recessiva (60%), e cerca de 75% dos heterozigotos são bem-sucedidos em formar o canudo. Esses números foram obtidos por vários estudos com famílias e pares de gêmeos, tanto idênticos (univitelinos) como fraternos. O especialista em genética humana Paulo Otto participou de um desses trabalhos, nos anos 1990. Os resultados são um belo exemplo do conceito de penetrância incompleta, em que um gene não determina completamente uma característica. Isso pode acontecer por particularidades genéticas, ambientais ou pela interação entre os dois fatores.

OTTO, P. Pergunte aos pesquisadores. *Pesquisa Fapesp* , ed. 198, ago. 2012. Disponível em: https://revistapesquisa.fapesp.br/pergunte-aos-pesquisadores-9/. Acesso em: 27 maio 2022.

Orientações didáticas

Para fixar e praticar o conteúdo, recomendamos a *#Atividade complementar* a seguir, que traz uma situação-problema para ser resolvida pelos estudantes. Explique o que é albinismo e que isso pode ocorrer com espécies animais e vegetais. Pode ser que os estudantes tenham pessoas albinas na família ou que algum deles tenha essa condição. É importante salientar que se trata de uma característica que demanda cuidados de saúde, como evitar exposição solar prolongada ou sem proteção, já que a pessoa albina não apresenta pigmentos de proteção na pele. Essa contextualização é essencial para que os estudantes compreendam a importância de estudar como ocorre essa característica entre as gerações.

#Atividade complementar

Albinismo

Um casal, no qual a mulher (*aa*) tem albinismo e o homem (*Aa*) não, foi ao médico para saber quais as chances de eles gestarem filhos com albinismo. Quais são as chances?

Espera-se que os estudantes identifiquem o alelo *a*, que determina o albinismo, como recessivo, e o alelo *A*, que determina presença de melanina, como dominante, e notem que o homem possui o gene para albinismo, porém apresenta característica recessiva ao gene *A*, que produz melanina. Assim, os resultados a serem obtidos são: 50% de chance de o filho ter albinismo e 50% de chance de o filho produzir melanina.

Nos seres humanos, um exemplo de característica hereditária explicada pela primeira lei de Mendel é o formato da linha do cabelo na testa. A linha do cabelo "em V" é uma característica dominante e a linha do cabelo em arco é uma característica recessiva.

IndiaPix/IndiaPicture/Getty Images

Característica dominante no formato "em V" da linha do cabelo.

Tutatamafilm/Shutterstock

Característica recessiva no formato em arco da linha do cabelo.

Será que um casal em que ambos têm a linha do cabelo "em V" pode ter um filho ou filha com a linha do cabelo em arco? Da mesma maneira que estudamos anteriormente, um casal com a linha do cabelo "em V" em que ambos são heterozigotos pode ter filhos com a linha do cabelo em arco. Isso acontece porque, tanto no pai quanto na mãe, os gametas podem ter o alelo dominante ou recessivo. Assim percebemos que os filhos não têm necessariamente todas as características idênticas as dos pais, mas elas são resultado da interação entre os alelos que recebem do pai e da mãe.

Observe o quadro a seguir.

Genótipo: *Aa*	×	Genótipo: *Aa*
Fenótipo: linha de cabelo "em V"		Fenótipo: linha de cabelo "em V"

	Gameta *A*	Gameta *a*
Gameta *A*	*AA* – cabelo "em V"	*Aa* – cabelo "em V"
Gameta *a*	*Aa* – cabelo "em V"	*aa* – cabelo em arco

Imagens: IndiaPix/IndiaPicture/Getty Images; Tutatamafilm/Shutterstock

Quadro apresentando os possíveis resultados para a linha do cabelo de filhos de um casal heterozigoto para essa característica.

Esse é apenas um exemplo entre vários das características hereditárias dos seres humanos que podem ser explicadas de maneira semelhante à que Mendel propôs para algumas características das ervilhas. Já outras características têm uma herança mais complexa, como a cor dos olhos ou da pele, por envolverem vários genes e terem outros padrões de interação entre os alelos. Até mesmo a relação com os fatores do ambiente determina a expressão genética das características que se manifestam no indivíduo.

Reprodução do Livro do Estudante em tamanho reduzido.

◀ 46 ▶

Herança dos tipos sanguíneos no ser humano

"O meu sangue é A positivo" – você já ouviu alguma pessoa dizer algo semelhante? O que significa essa classificação? Os dois sistemas principais de classificação do sangue humano são o sistema ABO e o sistema Rh. No sistema ABO as pessoas podem ter o tipo de sangue A, B, AB ou O e no sistema Rh as pessoas podem ter sangue Rh^+ (positivo) ou Rh^- (negativo).

Essas duas classificações do sangue se referem a duas características de células sanguíneas, como veremos a seguir. O que determina esses tipos sanguíneos são padrões de herança semelhantes aos estudados por Gregor Mendel e descritos na primeira lei.

Cherries/Shutterstock

Classificações dos tipos sanguíneos segundo o sistema ABO e o sistema Rh.

Sistema ABO

Os tipos sanguíneos A, B, AB e O têm seu gene representado pela letra *I* e há três alelos para esse gene: I^A, I^B e *i*. Não existe dominância entre os alelos I^A e I^B. O alelo *i* é considerado recessivo.

O tipo de sangue de uma pessoa é determinado pelo alelo que recebe do pai e o alelo que recebe da mãe. A partir da combinação desses alelos (genótipo), se expressa o tipo sanguíneo (fenótipo).

O que torna esses tipos sanguíneos diferentes? Isso acontece porque os alelos que a pessoa apresenta determinam a produção ou a ausência de duas proteínas na superfície externa das células vermelhas do sangue, as hemácias. Assim:

- quem apresenta o alelo I^A tem nas hemácias a proteína A e sangue tipo A;
- quem apresenta alelo I^B tem nas hemácias a proteína B e sangue tipo B;
- quem tem os alelos I^A e I^B tem as proteínas A e B nas hemácias e sangue tipo AB;
- quem tem dois alelos recessivos *i* não tem nenhuma dessas proteínas nas hemácias e tem sangue tipo O.

Observe no quadro a seguir a relação entre os alelos, os tipos sanguíneos ABO e a presença ou a ausência das proteínas nas hemácias.

Ilustrações: R2 Editorial/Acervo da editora

Sistema ABO				
Grupo sanguíneo	A	B	AB	O
Genótipo	I^AI^A ou I^Ai	I^BI^B ou I^Bi	I^AI^B	*ii*
Hemácias	Proteína A	Proteína B	Proteínas A e B	Sem A ou B

FORA DE PROPORÇÃO

CORES FANTASIA

Quadro relacionando cada grupo sanguíneo do sistema ABO ao genótipo e ao tipo de hemácia.

Note que a presença ou a ausência de determinados alelos estabelece o tipo de proteína presente na membrana plasmática da hemácia e, consequentemente, o tipo sanguíneo. A identificação do tipo de sangue é importante porque essas diferenças entre as proteínas levam à incompatibilidade entre os grupos sanguíneos do sistema ABO no caso de uma transfusão sanguínea, por exemplo.

Reprodução do Livro do Estudante em tamanho reduzido.

Orientações didáticas

Sugerimos que inicie explicando aos estudantes que existem sistemas de classificação sanguínea para os seres humanos, entre eles os sistemas ABO e Rh. Reforce que ambos apresentam padrão de hereditariedade semelhantes aos apresentados por Mendel.

Se achar pertinente, comente com os estudantes que o médico Karl Landsteiner e sua equipe foram os responsáveis por identificar os tipos sanguíneos do sistema ABO e Rh. Isso fez com que muitas vidas fossem salvas, já que permitiu a tipificação dos grupos sanguíneos e a identificação da compatibilidade entre eles para a realização segura de transfusões de sangue. Além disso, permitiu que inúmeros recém-nascidos com fator Rh diferentes do de suas mães viessem ao mundo com saúde.

Durante a exploração do quadro da página, sugerimos que enfatize que pessoas que possuem o alelo I^A têm no sangue proteínas do tipo A; pessoas que possuem o alelo I^B têm no sangue proteínas do tipo B; pessoas que possuem os alelos I^A e I^B têm no sangue proteínas dos tipos A e B; e pessoas que possuem o alelo *i* não apresentam nenhum tipo de proteína no sangue. É a presença dessas proteínas que caracteriza os tipos sanguíneos.

#Para saber

Sistema ABO – os diferentes tipos de sangue

O vídeo, com quase 4 minutos de duração, apresenta, de forma ilustrativa, os tipos sanguíneos e suas principais características.

Disponível em: https://www.youtube.com/watch?v=NhDHK7As13c. Acesso em: 28 maio 2022.

Orientações didáticas

Ao trabalhar as transfusões sanguíneas com os estudantes, sugerimos que atente para as possíveis diferenças de opinião e conduta provenientes de convicções em diversas religiões, garantindo que todas as opiniões sejam consideradas e respeitadas.

Sugerimos, ainda, que, durante o trabalho com a página, reforce com os estudantes que a incompatibilidade entre os tipos sanguíneos se dá em razão de uma reação entre as proteínas que podem estar ou não presentes no sangue. Assim, as incompatibilidades ocorrem quando o sangue tem determinada proteína e é doado para um indivíduo cujo sangue não a tem. Para evitar casos de incompatibilidade e complicações em transfusões, os estudos foram aprofundados e criou-se uma tabela de compatibilidade.

Se achar pertinente, peça aos estudantes que copiem no caderno a tabela de compatibilidade sanguínea. Esse conteúdo está relacionado ao Tema Contemporâneo Transversal Saúde.

#Para refletir

1. As questões propostas oportunizam a retomada dos conteúdos explorados na página anterior e possibilitam verificar se os estudantes apresentam alguma dúvida. Em caso afirmativo, retome os conceitos e peça a eles que respondam à atividade de maneira colaborativa, em grupos ou no quadro de giz.

1. a) O alelo *i* é recessivo, assim, se um alelo dominante como I^A ou I^B estiver presente no genótipo, ele não se manifesta, o que significa que a pessoa terá o sangue A ou B, respectivamente.

NÃO ESCREVA NO LIVRO

#Para refletir

1 **Lembre-se das conclusões de Mendel sobre as características dominantes e recessivas para uma característica. Agora explique:**

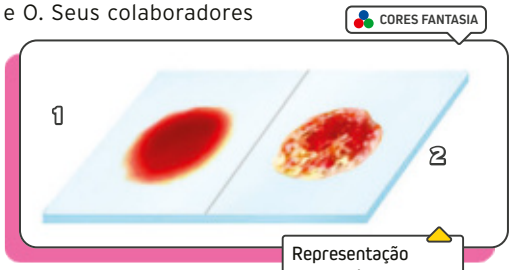
a) Por que uma pessoa que apresenta o genótipo I^Ai tem sangue tipo A e uma pessoa que apresenta o genótipo I^Bi tem sangue tipo B?

b) Uma pessoa com um desses dois genótipos poderia gerar um filho com sangue tipo O? Justifique.

1. b) Sim, pois ela tem o alelo recessivo *i*. Se o outro progenitor também tiver esse alelo em seu genótipo, pode se formar um indivíduo *ii*, com sangue tipo O.

Transfusões sanguíneas

A identificação de diferentes tipos sanguíneos no corpo humano foi divulgada em 1900 pelo médico austríaco Karl Landsteiner (1868-1943), que identificou inicialmente os grupos A, B e O. Seus colaboradores Alfred von DeCastello (1872-1960) e Adriano Sturli (1873-1964) complementaram a descrição do tipo sanguíneo AB em 1902. Até então não se sabia sobre esses tipos sanguíneos e as transfusões sanguíneas levavam muitas pessoas à morte; inclusive, foram proibidas por muitos anos em razão do alto risco que representavam.



Representação esquemática de duas amostras de mistura de sangue: mistura não aglutinada (**1**) e aglutinada (**2**).

Landsteiner começou a pesquisar o sangue humano ao lecionar na Universidade de Viena, na Áustria. Em seus experimentos, observou que a mistura de amostras de sangue obtidas de pessoas saudáveis formava, em alguns casos, aglomerados de hemácias, com aspecto de coágulos.

Por meio da determinação de todos os tipos sanguíneos, foi possível compreender que o sangue aglutinado, ou aglomerado, era formado por células do sangue que se juntavam em razão da incompatibilidade entre tipos sanguíneos das pessoas que haviam doado as amostras. Uma pessoa pode morrer se houver essa aglomeração em seus vasos sanguíneos, porque, com o sangue aglutinado, não é possível o transporte dos gases respiratórios e de outras substâncias.

Com os trabalhos de Landsteiner e seus colaboradores, foi possível montar uma tabela de compatibilidade entre os tipos sanguíneos, tornando segura a transfusão sanguínea e ajudando a salvar vidas até hoje.

Compatibilidade entre os tipos ABO

Grupo sanguíneo ABO	Pode doar para	Pode receber de
A	A e AB	A e O
B	B e AB	B e O
AB	AB	A, B, AB e O
O	O, A, B e AB	O

Identificação da compatibilidade para transfusões sanguíneas segundo o sistema ABO.

A identificação dos tipos sanguíneos do sistema ABO aconteceu entre 1900 e 1902, nessa época, ainda não se tinha amplo conhecimento dos estudos de Gregor Mendel sobre a hereditariedade. Desse modo, ainda não se sabia como se dava a herança desses tipos sanguíneos e quais eram os seus genótipos. Isso somente veio a acontecer muitos anos depois.

Reprodução do Livro do Estudante em tamanho reduzido.

Sistema Rh

Mesmo com a identificação dos tipos sanguíneos pelo sistema ABO, algumas transfusões sanguíneas continuavam provocando reações em determinadas pessoas. Landstein e seus colaboradores continuaram as pesquisas com o sangue humano para tentar identificar o que causava essas reações.

Eles utilizaram como material de pesquisa o sangue de macacos *Rhesus*, cuja espécie é atualmente denominada *Macaca mulata*. Nessa pesquisa, verificou-se a existência de outra proteína na membrana plasmática de hemácias, que chamaram de fator Rh (derivado da palavra *Rhesus*). As pessoas que têm essa proteína nas hemácias são denominadas Rh positivas (Rh^+) e as que não a apresentam são denominadas Rh negativas (Rh^-).

Os pesquisadores verificaram que o sistema sanguíneo Rh obedece à primeira lei de Mendel, em que o alelo que determina a condição Rh^+ (*R*) é dominante em relação ao alelo que determina a condição Rh^- (*r*). Se uma pessoa com sangue Rh^- recebe sangue Rh^+, ocorrem aglutinações (coagulações), que podem causar problemas de saúde.

Genótipos	Fenótipos
RR ou *Rr*	Rh^+
rr	Rh^-

#Para interpretar

GRUPO

NÃO ESCREVA NO LIVRO

Leia o texto a seguir.

Quando há necessidade de realizar uma transfusão sanguínea, por exemplo, em caso de acidentes, cirurgias ou doenças crônicas, os hospitais obtêm o sangue e seus componentes nos bancos de sangue que estão espalhados por todo o país. As transfusões restauram o volume sanguíneo quando há grande perda, aumentam a capacidade sanguínea de transportar gás oxigênio e corrigem problemas de coagulação. Os estoques são mantidos por meio da doação voluntária de sangue de pessoas saudáveis. Essa doação não prejudica em nada a saúde do doador, cujo volume de sangue em alguns dias se reestabelece, já que em cada doação são retirados apenas 420 mL, aproximadamente. O volume total de sangue em uma pessoa adulta é de cerca de 5 L.

Após a doação, o sangue é testado para identificar seu tipo e a existência de possíveis agentes causadores de doenças. Se nada for detectado, é preparado e pode ser utilizado em transfusões para outras pessoas.

Com a orientação do(a) professor(a), você e os colegas devem se reunir em grupos e pesquisar as informações a seguir: 1, 2 e 3. Respostas pessoais. Consulte as Orientações didáticas.

1. **Quantos bancos de sangue há na região em que vocês moram e onde estão localizados?**
2. **Que características uma pessoa precisa ter para ser doadora de sangue?**
3. **Qual é a importância de serem realizadas campanhas para incentivar a doação de sangue?**

Compartilhem as informações encontradas na pesquisa com os colegas de outros grupos e, em conjunto, montem uma campanha de divulgação *on-line* incentivando a doação de sangue.

Reprodução do Livro do Estudante em tamanho reduzido.

#Para interpretar

A atividade proposta neste boxe também está relacionada ao Tema Contemporâneo Transversal Saúde.

1. Os estudantes terão de pesquisar a atual situação dos bancos de sangue na região em que moram.

2.

- Ter entre 16 e 69 anos (menores de 18 anos só podem doar com consentimento formal dos responsáveis).
- Ter mais de 50 kg; estar alimentado (evitar alimentos gordurosos nas 3 horas que antecedem a doação de sangue). Caso a doação de sangue vá ser feita após o almoço, é preciso aguardar 2 horas após a refeição.
- Pessoas com idade entre 60 e 69 anos só podem doar sangue se já o tiverem feito antes dos 60 anos.
- A frequência máxima é de quatro doações de sangue anuais para o homem e três doações para as mulheres.

3. Doar sangue é um ato de solidariedade. Cada doação pode salvar a vida de até quatro pessoas. Muitas pessoas não sabem que se enquadram nos requisitos para ser um doador. Realizar campanhas faz com as pessoas tenham acesso a essas informações, além de incentivá-las a doar.

Orientações didáticas

Se achar pertinente, recomendamos que faça a leitura do texto a seguir para os estudantes.

#Para ler

Incompatibilidade sanguínea

[...]

Eritroblastose fetal é uma doença hemolítica causada pela incompatibilidade do sistema Rh do sangue materno e fetal. Ela se manifesta, quando há incompatibilidade sanguínea referente ao Rh entre mãe e feto, ou seja, quando o fator Rh da mãe é negativo e o do feto, positivo. Quando isso acontece, durante a gestação, a mulher produz anticorpos anti-Rh para tentar destruir o agente Rh do feto, considerado "intruso".

Uma vez produzidos, esses anticorpos permanecem na circulação da mãe. Caso ela volte a engravidar de um bebê com Rh positivo, os anticorpos produzidos na gravidez anterior destroem as hemácias (glóbulos vermelhos do sangue) do feto. Para compensar essa perda, são fabricadas mais hemácias, que chegam imaturas ao sangue e recebem o nome de eritroblastos.

O primeiro filho, portanto, apresenta menos risco de desenvolver a doença do que os seguintes, porque a mãe Rh– ainda não foi sensibilizada pelos anticorpos anti-Rh. No entanto, na falta de tratamento, esses anticorpos produzidos na primeira gestação podem destruir as hemácias do sangue dos próximos fetos Rh.

[...]

BRUNA, M. H. V. Incompatibilidade sanguínea. Disponível em: https://drauziovarella.uol.com.br/doencas-e-sintomas/incompatibilidade-sanguinea/. Acesso em: 27 maio 2022.

Orientações didáticas

Sugerimos que inicie a abordagem do tema explicando aos estudantes que, na maior parte dos mamíferos e em alguns insetos, anfíbios e lagartos, encontramos um par de cromossomos sexuais do tipo *XX* e *XY*, assim como nos seres humanos.

As fêmeas possuem dois cromossomos sexuais iguais, *X*, e os machos possuem cromossomos diferentes, um *X* e um *Y*. Explore a representação esquemática da determinação do sexo biológico no ser humano. Atente os estudantes para o fato de que, por apresentar dois cromossomos *X*, a mãe sempre doará o cromossomo *X*. Por isso, o que define o sexo biológico da criança é o cromossomo doado pelo pai, que pode ser *X* ou *Y*. Assim, se o cromossomo enviado pelo pai for *X*, somado ao cromossomo *X* doado pela mãe, teremos o par *XX*, caracterizando sexo biológico feminino. Já se o cromossomo doado pelo pai for *Y*, somado ao cromossomo *X* da mãe, teremos o par *XY*, caracterizando sexo biológico masculino.

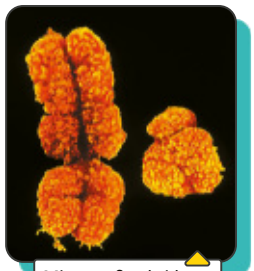
Ao trabalhar a composição dos gametas parentais acerca dos cromossomos sexuais e as possíveis combinações dos gametas para determinação do sexo biológico em seres humanos, trabalha-se juntamente a ideia de transmissão da caracteres por meio dos gametas, favorecendo o desenvolvimento da habilidade EF09CI08.

Sugerimos que comente com os estudantes que há espécies em que a determinação do sexo biológico é diferente, se comparada com a dos seres humanos, pois elas têm outros sistemas cromossômicos. Um exemplo são os insetos, especialmente os percevejos, os gafanhotos e as baratas, que são conhecidos por ter o sistema *X0*. Nesse sistema, as fêmeas têm cromossomos homólogos, ou seja, *XX*, e os machos têm apenas um cromossomo *X*. Assim, cientificamente se diz que os machos são *X0* – o zero indica a falta do outro cromossomo sexual. Existe, ainda, o sistema *ZW*, presente em algumas espécies de aves, peixes, répteis e insetos, como borboletas e mariposas. Nesse sistema o macho apresenta dois cromossomos iguais, *ZZ*, e a fêmea apresenta dois cromossomos diferentes, *ZW*. A determinação do sexo ocorre de maneira contrária à dos seres humanos: o macho só pode doar o cromossomo *Z*, enquanto a fêmea pode doar tanto o cromossomo *Z* quanto o *W*, sendo a responsável por determinar o sexo biológico do filhote.

Determinação cromossômica do sexo

Em 1905, a pesquisadora Nettie Stevens (1861-1912) identificou como se determina o sexo, ou seja, a formação de machos e fêmeas, em mamíferos e alguns outros seres vivos. Ela verificou que essa determinação estava associada à presença de um par de cromossomos, que passaram a ser chamados de **cromossomos sexuais**.

Na espécie humana, as células têm um conjunto de 46 cromossomos, ou 23 pares de cromossomos homólogos. Um desses pares corresponde aos cromossomos sexuais. Nas pessoas de sexo biológico feminino, há um par de cromossomos idênticos denominados cromossomos *X*. Já nas pessoas com o sexo biológico masculino, o par de cromossomos sexuais é formado por dois cromossomos diferentes, um *X* e um de tamanho menor, denominado *Y*.



Biophoto Associate/SPL/Fotoarena

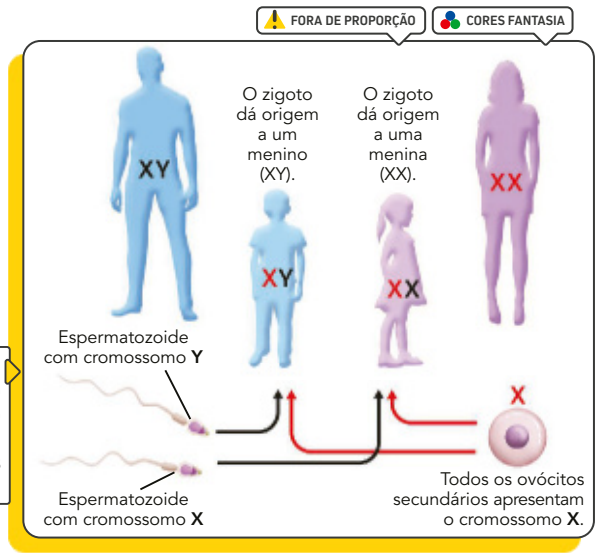
Micrografia obtida por microscópio eletrônico dos cromossomos sexuais *X* e *Y* do ser humano. Imagem colorida artificialmente, ampliação de 6 800 vezes no tamanho de 4 cm de largura.

Os cromossomos sexuais determinam o sexo biológico porque apresentam genes que estabelecem como vai se desenvolver o sistema genital do embrião, com órgãos masculinos ou femininos. Órgãos como testículos e ovários produzem hormônios sexuais, que estimulam o desenvolvimento das características sexuais secundárias masculinas e femininas, respectivamente.

Então, por meio da identificação dos cromossomos sexuais, é possível em um exame genético determinar se uma amostra de tecido pertence a alguém com sexo biológico masculino (*XY*) ou feminino (*XX*).

Se na constituição cromossômica humana há 23 pares de cromossomos, como são chamados os outros cromossomos que não são sexuais? Os outros 22 pares são chamados de **autossomos**. Na formação dos gametas, as mulheres produzem ovócitos secundários com 22 pares de autossomos e o cromossomo sexual *X*. Já os homens produzem gametas com 22 pares de autossomos e um dos dois tipos de cromossomo sexual: espermatozoides com o cromossomo *X* e espermatozoides com o cromossomo *Y*. A chance de um espermatozoide ter o cromossomo *X* ou o *Y* é a mesma: 50%.

Assim, o sexo biológico do embrião será determinado dependendo do espermatozoide que conseguir entrar no ovócito durante a fecundação. Por isso se diz que as chances de um bebê ter sexo biológico masculino (menino) ou feminino (menina) são de 50%.



R2 Editorial/Arquivo da editora

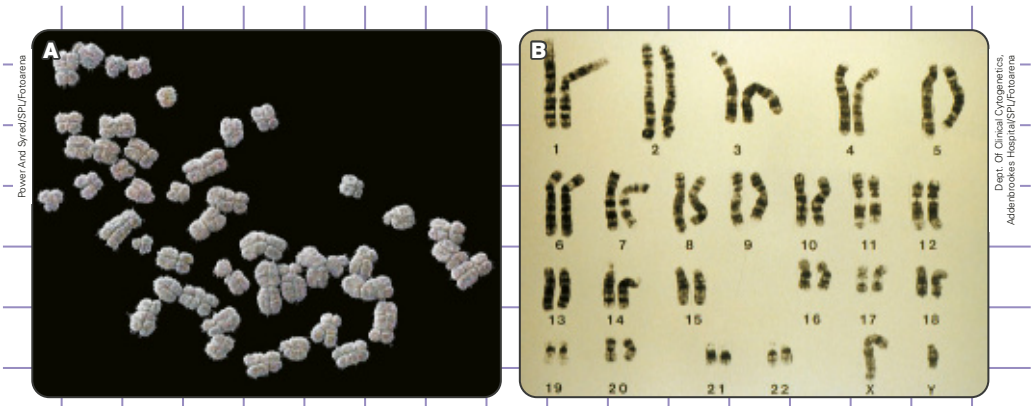
Representação esquemática da determinação do sexo biológico do ser humano por meio da união dos gametas feminino e masculino, considerando as diferenças entre os cromossomos sexuais presentes neles.

Reprodução do Livro do Estudante em tamanho reduzido.

Cariótipo

É chamado de **cariótipo** o conjunto de cromossomos de uma espécie, considerando número, tamanho e forma desses cromossomos nas células do organismo. Em cada espécie, o cariótipo é diferente. Por exemplo, seres humanos apresentam cariótipo com 46 cromossomos; os cachorros apresentam 38 cromossomos; e o milho, 20 cromossomos. Não é somente o número de cromossomos que varia, mas o tamanho e a forma de cada par de cromossomos também, como estudamos no caso dos cromossomos sexuais.

O estudo do cariótipo permite reconhecer a espécie e identificar alterações cromossômicas em um indivíduo. Uma das técnicas utilizadas para obter um cariótipo é a fotomicrografia, em que células passando pelo processo de divisão celular são tratadas com substâncias específicas, preparadas para observação no microscópio e fotografadas. Em determinado estágio da divisão celular, os cromossomos estão duplicados e muito compactados, sendo fácil visualizá-los ao microscópio. Assim, com as imagens obtidas, é possível organizar os cromossomos em pares, diferenciando-os por sua forma e tamanho, numerá-los e apresentá-los em ordem decrescente, o que facilita seu estudo.



(**A**) Micrografia eletrônica de cromossomos de célula humana com ampliação de aproximadamente 5 570 vezes, aplicada em 8,3 cm de largura; (**B**) micrografia óptica de cromossomos em um cariótipo humano já organizado, com ampliação de aproximadamente 2 900 vezes, aplicada em 8,2 cm de largura. Trata-se do cariótipo de uma pessoa com sexo biológico masculino (XY).

Alterações genéticas e cromossômicas na espécie humana

Como estudamos, o material genético contém as informações para o desenvolvimento dos organismos, bem como a manifestação de suas características. Alterações nos genes e nos cromossomos podem resultar em problemas no desenvolvimento e em condições de saúde do indivíduo. Isso acontece porque as alterações no material genético podem afetar a produção de substâncias importantes ao funcionamento do corpo ou mesmo determinar algumas condições de saúde mais gerais.

Reprodução do Livro do Estudante em tamanho reduzido.

Orientações didáticas

Inicie o tema relembrando os estudantes de que as células, na espécie humana, têm um conjunto de 46 cromossomos, divididos em 23 pares de cromossomos homólogos, iguais, ou, ainda, chamados de autossômicos, e um par de cromossomos sexuais, que podem aparecer na combinação *XX* ou *XY*.

Reforce com os estudantes que o conjunto de atributos morfológicos dos cromossomos, como tamanho, forma e número, caracteriza o que chamamos de cariótipo de uma espécie. Cada espécie tem um tipo específico de cariótipo. Há diversas técnicas que facilitam o estudo do cariótipo da espécie, como a fotomicrografia. Chame a atenção dos estudantes para as imagens mostradas.

Como os cromossomos sexuais já foram estudados, sugerimos que proponha aos estudantes que identifiquem se o cariótipo da fotomicrografia mostrada na página pertence a uma pessoa de sexo biológico feminino ou masculino. Espera-se que eles analisem os tipos de cromossomos sexuais presentes na fotomicrografia e identifiquem que o indivíduo possui um cromossomo *X* e um cromossomo *Y*, o que determina tratar-se de um indivíduo biologicamente pertencente ao grupo do sexo masculino.

Sugerimos que inicie o a abordagem do tópico *Alterações genéticas e cromossômicas na espécie humana* abordando a formação de gametas com cromossomos a mais ou a menos, que pode ocorrer devido a uma partição incorreta e desigual do material genético durante a meiose. Caso ocorra a fecundação de um gameta como esse, são originados indivíduos com um número de cromossomos incompatível com os 46 pares padrão da espécie humana, que apresentam algumas condições cromossômicas.

#Para saber

Cariótipo
O vídeo, com cerca de 3 minutos e meio de duração, apresenta, de maneira ilustrativa, o cariótipo humano e sua organização.
Disponível em: https://www.youtube.com/watch?v=V6I6SU1GWog.

Organizando os cromossomos humanos: idiograma
Proposta de atividade sobre cromossomos e encaminhamento metodológico para sua elaboração. Também é possível visualizar a atividade pronta para impressão, além do gabarito para correção.
Disponível em: https://professoraleonilda.files.wordpress.com/2017/08/idiograma.pdf.
Acesso em: 27 maio 2022.

Orientações didáticas

Continuando a abordagem sobre o tópico, sugerimos que comente com os estudantes que uma das condições cromossômicas mais conhecidas é a síndrome de Down, caracterizada por indivíduos que possuem três cromossomos número 21, em vez de dois. Por isso, essa síndrome também é conhecida como trissomia do cromossomo 21. Existem diversas outras condições, como a síndrome de Klinefelter, caracterizada por um indivíduo que possui uma trissomia no cromossomo sexual, apresentando-o, por exemplo, como *XXY*: dois cromossomos *X* herdados da mãe e um cromossomo *Y* herdado do pai. A síndrome de Edwards, também conhecida como trissomia do 18, indica a existência de um cromossomo 18 a mais no cariótipo. A síndrome de Patau, também conhecida como trissomia do 13, indica a trissomia de um cromossomo, nesse caso o 13. A síndrome de Turner acomete mulheres nas quais o cromossomo *X* é ausente ou parcialmente ausente.

Quando as alterações ocorrem nos genes, são chamadas de **alterações genéticas**. Um exemplo de doença causada por um alelo com alteração genética é a fenilcetonúria. O alelo causador dessa doença é uma das variações de um gene localizado no cromossomo 12.

As pessoas que não apresentam esse alelo alterado ou que têm apenas um alelo alterado em seu genótipo (heterozigotas) não têm a doença, mas, se o embrião herda dois alelos alterados (homozigoto recessivo), desenvolve-se a fenilcetonúria. As pessoas com esse problema não conseguem utilizar adequadamente em seu metabolismo um aminoácido chamado fenilalanina, que se acumula no organismo. Sem os cuidados necessários, ocorrem lesões no cérebro.

A fenilcetonúria pode ser detectada por meio de um exame chamado teste do pezinho, que é realizado em bebês recém-nascidos. Se a condição for identificada logo após o nascimento, pode-se evitar o consumo de alimentos que contêm esse aminoácido, prevenindo o bebê de desenvolver lesões no cérebro, que o afetariam durante toda a vida. Esse exame é obrigatório por lei e realizado gratuitamente nos serviços públicos de saúde do Brasil nos primeiros quinze dias de vida. Consiste em retirar gotas de sangue do calcanhar e analisá-las em laboratório para detectar diversas doenças que podem ser evitadas ou tratadas, entre elas, a fenilcetonúria.

David Gee/Alamy/Fotoarena

Retirada de amostra de sangue em recém-nascido para o teste do pezinho. Com esse teste, é possível detectar diversas doenças precocemente, orientando o tratamento necessário e evitando consequências graves para a saúde.

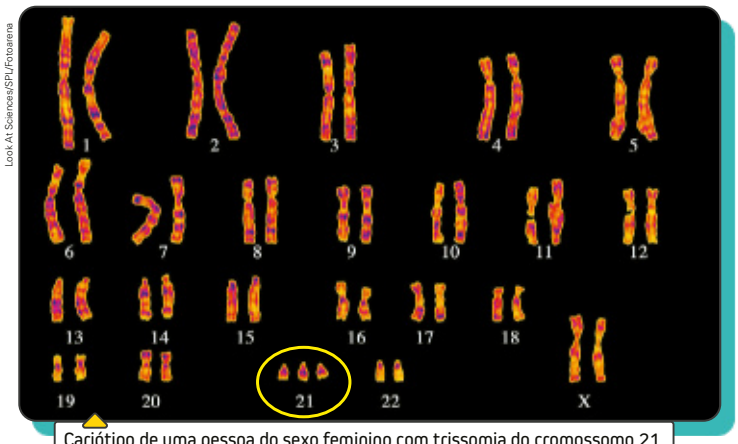
As alterações no material genético que envolvem os cromossomos, impactando seu número ou estrutura, são denominadas **alterações cromossômicas**. Dependendo do par de cromossomos afetado e do tipo de alteração, elas podem resultar em diferentes conjuntos de características e sintomas, ocasionando as **síndromes cromossômicas**.

Um exemplo é a possibilidade de uma pessoa ter um cromossomo sexual a mais do que o padrão da espécie. Na espécie humana, um exemplo é a condição cromossômica *XXY* – sendo dois cromossomos *X* herdados da mãe e o *Y*, do pai. O número total de cromossomos, nesse caso, é 47, e não 46. Essa alteração cromossômica ocasiona a **síndrome de Klinefelter**, que se caracteriza por uma condição em que o sexo biológico é masculino, os órgãos genitais são pouco desenvolvidos e não produzem gametas (infertilidade) e os membros inferiores e superiores são mais alongados do que a média.

Reprodução do Livro do Estudante em tamanho reduzido.

Pode ocorrer também de, durante a fecundação, um gameta feminino não ter nenhum cromossomo sexual e ser fecundado por um espermatozoide portador de um cromossomo ***X***. Isso leva à formação de um zigoto com cariótipo diferente do padrão da espécie. Nesse caso, o zigoto formado tem 45 cromossomos no total, com apenas um cromossomo ***X***, caracterizando a **síndrome de Turner**. As pessoas com essa condição são do sexo biológico feminino e apresentam baixa estatura, infertilidade, entre outras características.

Outro exemplo de alteração cromossômica é a **síndrome de Down**. Pessoas com essa condição têm três cromossomos 21, em vez de dois. Essa condição em que o cariótipo apresenta três cromossomos em vez de um par recebe o nome de trissomia. Por esse motivo, a síndrome de Down também é chamada de trissomia do cromossomo 21.



Look At Sciences/SPL/Fotoarena

Cariótipo de uma pessoa do sexo feminino com trissomia do cromossomo 21. No destaque estão os três cromossomos 21, o que caracteriza a alteração cromossômica.

As pessoas com a trissomia do cromossomo 21 podem apresentar algumas características físicas específicas e estar sujeitas a uma maior incidência de alguns tipos de doença. No entanto, elas são capazes de estudar, se divertir, se exercitar, trabalhar e viver com autonomia.

As pessoas são únicas e, assim, todas precisam de atenção e acompanhamento adequado às suas características ao longo de seu desenvolvimento para ter saúde e uma vida plena, e isso também vale para as pessoas com trissomia do cromossomo 21.

Flashpop/Getty Images

As pessoas com a trissomia do cromossomo 21, assim como qualquer outra pessoa, apresentam personalidade e outras características únicas. Desde a infância, elas desenvolvem habilidades que lhes permitem levar uma vida autônoma.

Reprodução do Livro do Estudante em tamanho reduzido.

Orientações didáticas

Inicialmente, sugerimos que faça a leitura do texto da página com os estudantes, chamando a atenção para a imagem de cariótipo mostrada.

Abordar condições cromossômicas é uma oportunidade para conversar com os estudantes sobre o preconceito que as pessoas podem sofrer. Sugerimos que trabalhe a importância da inclusão dessas pessoas na sociedade, enfatizando que esse assunto deve ser tratado com respeito. Peça aos estudantes que, se possível, mencionem casos de pessoas com diferentes condições cromossômicas inclusas na vida em sociedade. Para isso, eles podem recorrer a reportagens que tenham visto ou a situações que tenham vivenciado.

Orientações didáticas

O grupo de atividades presentes nesta página permite ampliar e desenvolver as habilidades EF09CI08 e EF09CI09.

Sugerimos que selecione algumas atividades para que sejam feitas em sala de aula e outras em casa com a ajuda de familiares ou responsáveis. Separe alguns minutos de sua próxima aula para realizar a correção das atividades e verificar possíveis defasagens de conteúdo. Caso julgue necessário, faça uma revisão dos conteúdos abordados até o momento.

As atividades podem ser utilizadas como evidências de aprendizagem. Você pode sugerir que os estudantes façam as atividades aos poucos, conforme a organização do seu planejamento, e escolher algumas como estratégia de revisão de conceitos ao final do estudo do capítulo.

#Atividades

1. a) A resposta à questão está disponível no Livro do Estudante. A legenda indica que o material genético da planta determina a produção do pigmento que se liga aos metais do solo para gerar a cor azulada nas pétalas. Além disso, a legenda do primeiro exemplo, que mostra as orquídeas, indica que elas são azuis por determinação da inserção de um pigmento ao solo, não pelo material genético.

b) A resposta está disponível no Livro do Estudante.

2. a) A resposta à questão está disponível no Livro do Estudante.

b) Homozigoto é o indivíduo que apresenta dois alelos iguais de um mesmo gene (*AA* ou *aa*). Heterozigoto é o indivíduo que apresenta dois alelos diferentes de um mesmo gene (*Aa*). Os genótipos *CC* ou *Cc* correspondem à vagem lisa, tendo em vista que o alelo *C* aparece em ambos os genótipos e é dominante. Já o genótipo *cc* corresponde à vagem ondulada por apresentar apenas o alelo *c*.

#ATIVIDADES

NÃO ESCREVA NO LIVRO

Consulte as Orientações didáticas para respostas e comentários das atividades.

1. As imagens a seguir mostram dois exemplos de flores azuis. Leia as legendas e depois responda às questões.

sputerrific/Shutterstock

É possível encontrar em floriculturas orquídeas azuis. Uma tinta é aplicada no solo e absorvida pelas raízes da planta ainda em desenvolvimento; quando surgem as flores, elas são azuis em vez de brancas.

RRice/Shutterstock

Existe uma variedade de hortênsia que produz flores azuis. O material genético de suas células determina a produção de um pigmento que se liga a metais retirados do solo e resulta na cor azul das pétalas.

1. a) O segundo exemplo, que mostra as hortênsias. Consulte as Orientações didáticas.

a) Qual dos dois exemplos mostrados nas imagens corresponde a uma característica determinada geneticamente? Justifique.

b) Explique o que é herança genética.

1. b) A herança genética é a transmissão de características de uma geração para a seguinte por meio do material genético.

2. Uma das características das plantas de ervilha estudadas por Mendel foi o tipo de vagem. Analise as informações do quadro a seguir.

CORES FANTASIA

Tipo de vagem

Lisa (*CC* ou *Cc*) | Ondulada (*cc*)

R2 Editorial/Arquivo da editora

2. a) Fenótipos: vagem lisa e vagem ondulada. Genótipos: *CC*, *Cc* e *cc*.

a) Quais são os fenótipos mostrados no quadro? E os genótipos?

b) Explique a diferença entre um genótipo homozigoto e um genótipo heterozigoto e classifique os genótipos para tipo de vagem de ervilha.

Reprodução do Livro do Estudante em tamanho reduzido.

NÃO ESCREVA NO LIVRO

3. No caderno, relacione os termos da primeira coluna à sua descrição na segunda coluna.

(**A**) Alelo recessivo
(**B**) Alelo dominante
(**C**) Homozigoto
(**D**) Heterozigoto
(**E**) Genótipo
(**F**) Fenótipo

I. Característica presente em um indivíduo que pode ser determinada geneticamente, com influência do ambiente.
II. Indivíduo que apresenta alelos diferentes para uma mesma característica.
III. Alelo que determina uma característica que não se manifesta na presença de um alelo diferente.
IV. Conjunto de alelos que forma a constituição genética de um indivíduo.
V. Indivíduo que apresenta alelos iguais para a mesma característica.
VI. Alelo que determina uma característica que se manifesta mesmo na presença de um alelo diferente.

3. I – F; II – D; III – A; IV – E; V – C; VI – B.

4. As sementes de ervilha podem ser amarelas ou verdes. A característica cor verde é recessiva e determinada pelo alelo representado por ***v***, e a característica cor amarela é dominante, representada pelo alelo ***V***. No caderno, copie os genótipos a seguir e, para cada um deles, escreva se as sementes são amarelas ou verdes e se o genótipo é homozigoto ou heterozigoto.

a) *VV* **4. a)** Sementes amarelas e genótipo homozigoto;
b) *Vv* **4. b)** Sementes amarelas e genótipo heterozigoto;
c) *vv* **4. c)** Sementes verdes e genótipo homozigoto.

5. Gregor Mendel concluiu que as características transmitidas de uma geração para a outra nas plantas de ervilha, como a cor da semente, são condicionadas por um par de fatores, que se separam na formação dos gametas.

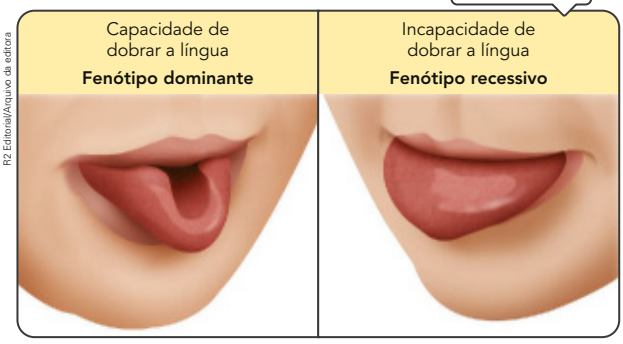
a) Explique o que são esses pares de fatores citados por Mendel. **5. a)** Os fatores citados por Mendel correspondem aos alelos, que ocorrem aos pares porque se localizam em um par de cromossomos homólogos.

b) Que gametas uma planta de ervilha que apresenta o genótipo ***Vv*** para a cor da semente pode produzir em relação a essa característica? **5. b)** Essa planta produzirá gametas com o alelo dominante *V* e gametas com alelo recessivo *v*.

6. Algumas características humanas podem ter sua herança explicada por meio das conclusões de Mendel. Um exemplo é a capacidade de dobrar a língua, que se trata de uma característica dominante, com alelo representado pela letra *L*. A incapacidade de dobrar a língua é uma característica recessiva, representada pela letra ℓ. Com base nisso, responda às questões.

6. a) Se a mulher dobra a língua e é heterozigota, seu genótipo é $L\ell$; o homem, que não dobra a língua, tem o genótipo homozigoto recessivo ($\ell\ell$).

CORES FANTASIA



R2 Editorial/Arquivo da editora

6. c) Sim, eles terão 50% de chance de ter um filho que dobre a língua, com o genótipo $L\ell$, e 50% de chance de ter um filho com incapacidade de dobrar a língua, com o genótipo $\ell\ell$.

a) Qual é o genótipo de um casal em que a mulher tem capacidade de dobrar a língua e é heterozigota e o homem não é capaz de dobrar a língua?

b) Que tipos de gameta cada um deles pode formar a partir do genótipo que apresentam para essa característica? **6. b)** A mulher pode formar gametas com alelo *L* ou com alelo ℓ e o homem formará apenas gametas com o gene ℓ para essa característica.

c) Esse casal tem possibilidade de gerar filhos com a capacidade de dobrar a língua? Justifique sua resposta.

Reprodução do Livro do Estudante em tamanho reduzido.

Orientações didáticas

#Atividades

3 a **6.** As respostas às atividades estão no Livro do Estudante.

Se os estudantes apresentarem dificuldade para responder às atividades, peça-lhes que revisitem o conteúdo do Livro do Estudante e as anotações que fizeram no caderno. Sugerimos que os organize em pequenos grupos e solicite a eles que respondam às atividades em uma folha avulsa. Depois, peça-lhes que, em voz alta, compartilhem suas respostas com a turma. Nesse momento, observe se os estudantes compreenderam corretamente todos os conceitos. Caso identifique falhas na aprendizagem, considere retomar alguns conteúdos.

Orientações didáticas

#Atividades

Para o trabalho com as atividades desta página, solicite aos estudantes que respondam em casa, revendo os conteúdos apresentados. Na aula seguinte, peça-lhes que se organizem em duplas, comparem as respostas dadas, discutam-nas e corrijam o que for necessário.

7. a) Resposta pessoal. Espera-se que, com base no conteúdo apresentado ao longo do capítulo, os estudantes consigam identificar a característica do colega.

b) A resposta à questão está no Livro do Estudante.

8. a) I^A, I^B e i. Não existe dominância entre os alelos I^A e I^B. O alelo i é considerado recessivo.

b, c) As respostas às questões estão no Livro do Estudante.

d) Para que, em casos de emergência nos quais o paciente precise de uma transfusão, o fato de o sangue disponível já estar identificado por tipo facilita e agiliza o processo.

9. Espera-se que os estudantes elaborem um esquema mostrando o óvulo (*X*) e os espermatozoides (*Y*). Além disso, o esquema deve conter os indivíduos representados por *XY* e *XX*.

10. As respostas às atividades estão no Livro do Estudante.

11. a) Sexo biológico masculino. É possível identificar pela presença do cromossomo *Y*.

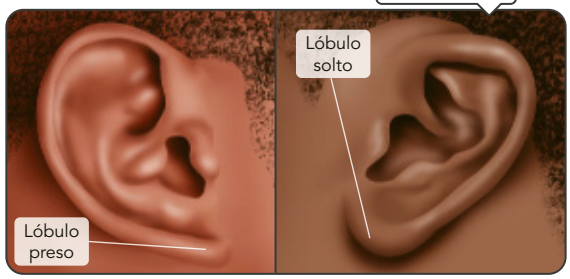
b) Sim, pois é por meio do cariótipo que se identificam alterações cromossômicas. Caso a pessoa apresente uma quantidade diferente de cromossomos, para mais ou para menos, é possível identificar qual é a alteração.

NÃO ESCREVA NO LIVRO

7. O pavilhão auricular é mais conhecido, no dia a dia, como orelha. Os seres humanos podem ter o lóbulo da orelha de duas formas: preso ou solto. Observe nas imagens.

Essa característica é determinada por um gene com dois alelos, um que condiciona o lóbulo solto e é dominante (***P***) e outro que condiciona o lóbulo preso e é recessivo (***p***). Com base nessas informações, responda às questões que seguem.

CORES FANTASIA



R2 Editorial/Arquivo da editora

a) Reúna-se com um colega e identifique o fenótipo que ele apresenta para lóbulo da orelha. Peça a ele que identifique o seu.

GRUPO

b) Agora apontem quais são os possíveis genótipos para os fenótipos que vocês identificaram.

7. b) O lóbulo solto pode resultar dos genótipos *PP* e *Pp*. O lóbulo preso resulta do genótipo *pp*.

8. Com relação ao sistema sanguíneo ABO, responda:

a) Quais são os alelos que determinam os tipos sanguíneos? Como é a relação de dominância entre eles?

8. b) Tipo AB.

b) Qual é o tipo sanguíneo que pode receber transfusão de todos os outros tipos de sangue?

c) Qual é o tipo sanguíneo que pode doar sangue para todos os tipos sanguíneos? **8. c)** Tipo O.

d) Por que é importante verificar o tipo sanguíneo em uma amostra que será armazenada em um banco de sangue?

10. a) A síndrome de Down é causada por uma alteração cromossômica, a trissomia do cromossomo 21.

9. Na espécie humana, o sexo biológico do indivíduo é determinado no momento da fecundação. Elabore um esquema para explicar como acontece essa determinação, no nível celular.

10. As alterações genéticas e cromossômicas podem determinar diferentes características e condições nos indivíduos, o que se verifica também na espécie humana.

a) Explique qual é o tipo de alteração que resulta na síndrome de Down.

b) A polidactilia isolada é a presença de mais de cinco dedos na mão ou no pé, em alguns casos, em ambos. Ela é hereditária e causada por um alelo dominante. Explique se essa condição se relaciona a uma alteração genética ou cromossômica.

Cnri/SPL/Fotoarena

11. A imagem mostra um cariótipo humano. Com base na análise dela, responda às questões.

a) Qual é o sexo biológico da pessoa de quem foi obtido esse cariótipo? Como é possível identificá-lo?

b) É possível verificar se a pessoa apresenta ou não alguma alteração cromossômica com base nesse cariótipo? Por quê?

10. b) A polidactilia isolada é causada por uma alteração genética, pois envolve a alteração presente no alelo dominante que determina a característica.

Reprodução do Livro do Estudante em tamanho reduzido.

CAPÍTULO 3

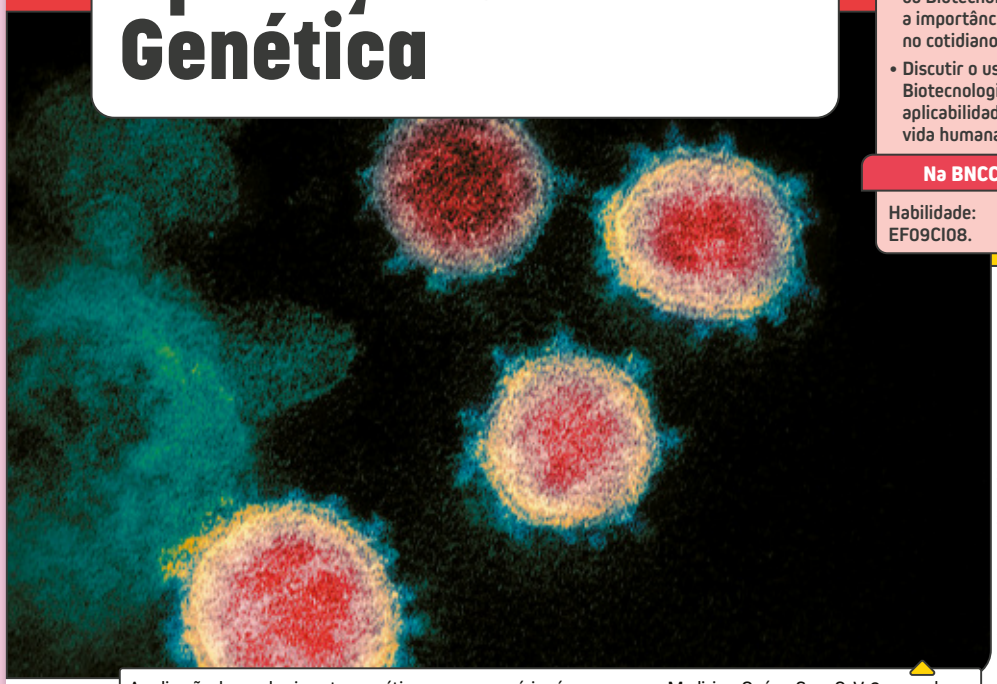
Aplicações da Genética

Objetivos do capítulo

- Compreender as principais técnicas da Biotecnologia e a importância delas no cotidiano.
- Discutir o uso da Biotecnologia e sua aplicabilidade na vida humana.

Na BNCC

Habilidade: EF09CI08.



Niaid-rml/ National Institutes Of Health/SPL/Fotoarena

A aplicação dos conhecimentos genéticos ocorre em várias áreas, como na Medicina. O vírus Sars-CoV-2, causador da covid-19, por exemplo, teve seu material genético sequenciado para o desenvolvimento de vacinas e tratamentos. Imagem do Sars-CoV-2 colorida artificialmente e obtida por micrografia eletrônica, aumento desconhecido.

Os avanços nos conhecimentos de Genética ao longo do tempo foram muito importantes para diferentes atividades humanas. Seu uso para aumentar a produção agrícola de alimentos ou mesmo na Medicina, para desenvolver medicamentos, tratamentos e vacinas, permitiu a melhora da qualidade e da expectativa de vida dos seres humanos.

Em nosso cotidiano, são muitos os exemplos de aplicabilidade da Genética, e vamos explorar esse tema neste capítulo. Mas é importante compreender também que, para que tudo isso fosse possível, houve longos períodos de pesquisas e de observação da natureza. Essas pesquisas devem sempre levar em consideração os possíveis impactos sobre a natureza e a vida das pessoas, visando sempre à preservação ambiental e ao bem-estar humano.

NÃO ESCREVA NO LIVRO

#Para iniciar

- Você já teve contato com reportagens ou notícias sobre Genética? Do que elas tratavam?
- Em quais atividades você acha que os conhecimentos de Genética estão presentes em sua vida?

Respostas pessoais para mobilização dos conhecimentos prévios dos estudantes. Consulte as Orientações didáticas.

Reprodução do Livro do Estudante em tamanho reduzido.

Orientações didáticas

Ao longo deste capítulo, vamos explorar as diversas aplicações da Genética na vida atual. Essa abordagem está diretamente ligada ao Tema Contemporâneo Transversal Ciência e Tecnologia e favorece o desenvolvimento da habilidade EF09CI08, ao associar a hereditariedade aos gametas.

Sugerimos iniciar a abordagem comentando que há muito tempo os seres humanos buscam compreender a hereditariedade nos seres vivos. Como aprendemos no capítulo anterior, muitas explicações foram propostas com o passar do tempo, mas foi no início do século XX que a ciência começou a solucionar essa questão. A partir desse momento, a Genética passou a existir de maneira formal e começou a se desenvolver como uma área da Biologia.

Atualmente, a Genética tem grande destaque na sociedade, na mídia e no meio científico, garantindo o recebimento de recursos financeiros para o desenvolvimento em pesquisas cada vez mais avançadas. Além disso, a Genética possibilitou avanços em várias áreas, como: na detecção e no correto tratamento de doenças; na capacidade de identificar mutações que apontem a probabilidade de desenvolver determinada doença genética em um indivíduo ou em uma família; no aperfeiçoamento dos exames de paternidade; no esclarecimento de crimes; na identificação de diversas espécies com foco na preservação delas; no desenvolvimento na agricultura, entre outros exemplos.

#Para iniciar

Este boxe tem o objetivo de auxiliá-lo(a) na identificação dos conhecimentos prévios, das habilidades, das atitudes e dos valores dos estudantes. Por isso, sugerimos que eles façam o registro de suas respostas iniciais no caderno, a fim de que possam ser retomadas e revistas no final do capítulo. Isso contribuirá para que se conscientizem do desenvolvimento de suas aprendizagens e da construção do seu conhecimento.

As respostas aos itens são pessoais.

- Espera-se que os estudantes listem assuntos, reportagens de televisão ou internet que tenham visto e que se relacionem com Genética, DNA e outros termos que eles associem a esse assunto. A ideia aqui é investigar qual leitura os estudantes fazem da Genética no cotidiano até aqui, o quanto isso está afastado deles ou não.
- Esse questionamento tem o objetivo de associar os conhecimentos sobre Genética ao cotidiano dos estudantes; portanto, espera-se que eles relacionem os alimentos que consomem, os medicamentos e as vacinas a que têm acesso à pesquisa e aos conhecimentos em Genética.

Orientações didáticas

Sugerimos que inicie o tema explicando aos estudantes que a Biotecnologia é uma área da ciência que busca desenvolver produtos biológicos, conciliando a ciência e a tecnologia. A Organização das Nações Unidas (ONU) classifica a Biotecnologia como "qualquer aplicação tecnológica que utiliza sistemas biológicos, organismos vivos, ou seres derivados, para fabricar ou modificar produtos ou processos para uma finalidade específica".

Caso considere pertinente, comente que as técnicas de Biotecnologia começaram a ser utilizadas por volta de 6 000 a.C. com os processos de fermentação na produção de bebidas alcoólicas, bem como na fabricação de pães, queijos e iogurtes. Um exemplo de organismo utilizado na Biotecnologia é a levedura, um tipo de fungo unicelular que pode realizar respiração anaeróbica e aeróbica, empregada na indústria alimentícia e de bebidas, bem como na produção de fermentos e cerveja.

Histórico da Biotecnologia

É chamada de **Biotecnologia** a área da ciência que estuda o uso de organismos vivos para desenvolver tecnologias e criar ou modificar produtos para resolver problemas. Essa é uma área relativamente recente, que se estabeleceu depois dos estudos de Gregor Mendel e, principalmente, da descrição da estrutura do DNA.

No entanto, a manipulação de seres vivos e a aplicação dos conhecimentos em Genética já ocorriam antes do surgimento da Biotecnologia como área de pesquisa. Dois exemplos desses processos são a **fermentação** para a produção de alimentos e o cruzamento de plantas e animais para cultivo e criação.

Fermentação: processo realizado por microrganismos que transformam substâncias como o açúcar em substâncias mais simples. Esse processo é usado na produção de alimentos como pães, iogurtes e queijos.

Assim, há milênios os seres humanos manipulam seres vivos e seus processos para desenvolver técnicas e obter determinados resultados. Um exemplo ocorre por meio de cruzamentos. Sem saber como se dava a hereditariedade nem conhecer o material genético, os seres humanos realizavam cruzamentos para cultivar plantas cujas partes comestíveis fossem maiores e melhores, aumentando, assim, a produção de alimentos quando as primeiras civilizações começavam a se estabelecer.

Uma das primeiras plantas a passar por esse processo foi o trigo, que era uma planta selvagem encontrada em campos da região conhecida atualmente como Oriente Médio. Os grãos eram pequenos e muito aderidos à planta. Com os cruzamentos realizados e a seleção de plantas com sementes cada vez maiores, no decorrer de gerações, foram obtidas plantas com sementes grandes e que se destacavam mais facilmente.

Zagorulko Inka/Shutterstock

Dentro do pote, fermento biológico usado para a produção de pães. A fermentação da massa do pão é um processo desencadeado por fungos e um exemplo de manipulação de seres vivos aplicado desde tempos remotos.

Marvyn F. Chilmaid/SPL/Fotoarena

Pierre-Olivel/Shutterstock

Em (**A**), vemos à esquerda o trigo selvagem, de origem mais antiga e que deve ter originado as variedades domesticadas, como o trigo duro (à direita). O trigo duro é cultivado desde cerca de 11 000 anos, no Mediterrâneo; em (**B**) o trigo duro, em uma área de cultivo na França. É possível observar a diferença entre os tamanhos e a quantidade dos grãos.

Reprodução do Livro do Estudante em tamanho reduzido.

#Para ler

Biotecnologia de leveduras

Os fungos unicelulares, as leveduras, apresentam características metabólicas que permitem seu uso de forma prática na produção de alimentos e bebidas.

As fermentações industriais com leveduras contribuem significativamente para a economia. Anualmente, centenas de toneladas de leveduras produzidas para a utilização na produção de pão, vinho, cerveja, bebidas destiladas, cidra, saquê e licores.

Considerando ainda o potencial biotecnológico das leveduras, microrganismos dos gêneros *Saccharomyces*, *Kluyveromyces* e *Candida* são capazes de fermentar diferentes açúcares a etanol. É de particular importância para o Brasil a produção de álcool combustível por fermentação da sacarose do caldo da cana-de-açúcar, tendo em vista ser o país, juntamente com os Estados Unidos, os maiores produtores mundiais de etanol combustível.

O etanol está sendo cada vez mais valorizado internacionalmente como combustível líquido, em comparação à gasolina, derivada do petróleo. Produzido a partir de recursos renováveis, não contribui para o efeito estufa e suas consequências, como as grandes modificações climáticas que estão afetando negativamente a Terra.

ALLBIOM BIOPROCESSOS. Disponível em: https://www.allbiom.com/biotecnologia-microbiana/#:~:text=Os%20fungos%20unicelulares%2C%20as%20leveduras,contribuem%20significativamente%20para%20a%20economia. Acesso em: 30 maio 2022.

Além do trigo, outros povos realizaram cruzamentos entre plantas e entre animais com o objetivo de aumentar a produção de alimentos. É o caso do milho e da mandioca cultivados pelos indígenas que habitavam as Américas e da domesticação de bois, ovelhas e cabras realizada pelos egípcios, que lhes permitia obter maior quantidade de carne e leite, também usado para produzir queijos.

Tomb of Nefer and Ka-Hay, Saqqarah, Egypt/Bridgeman/Fotoarena

Os egípcios foram pioneiros na domesticação de alguns animais e no uso da fermentação para produzir determinados alimentos. Detalhe de pintura em parede de tumba egípcia (2494-2345 a.C.), Egito.

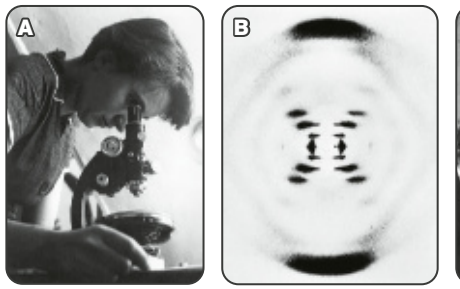
Esses povos e tantos outros que existiam no planeta Terra desenvolveram, por meio da observação da natureza, conhecimentos que permitiram selecionar características vantajosas em plantas e animais e que auxiliavam na sobrevivência e na alimentação da população.

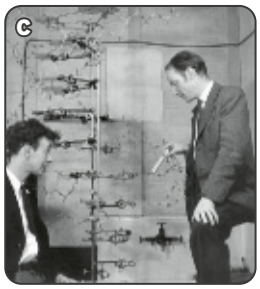
Milênios depois, a partir do século XIX, foram sendo identificados as células, os gametas e os processos relacionados à hereditariedade, que permitem entender como as características hereditárias de um organismo são determinadas e transmitidas para as gerações seguintes. Assim, podemos perceber que a vontade e a necessidade de manipular plantas, animais e microrganismos para obter produtos não são recentes, mas acompanham toda a história da humanidade.

No século XX, após a redescoberta dos estudos de Gregor Mendel sobre hereditariedade, os conhecimentos sobre células e material genético permitiram um avanço ainda maior dessas tecnologias. A partir da década de 1950, quando a estrutura do DNA foi descrita, instituiu-se, de fato, uma nova área de estudo, chamada de Biotecnologia.

#A ciência é feita por pessoas

A descrição da estrutura do DNA, resultado de vários anos de estudos, foi publicada no início da década de 1950. A pesquisadora britânica Rosalind Franklin (1920-1958) obteve uma imagem do DNA por meio de uma técnica específica usando raios X. Essa imagem, somada a outros conhecimentos sobre o material genético disponíveis na época, permitiu que a estrutura do DNA fosse desvendada. Isso foi feito pelo biólogo estadunidense James Watson (1928-) e pelo biólogo britânico Francis Crick (1916-2004). Esse feito ajudou a revolucionar a Biotecnologia e a Genética, mas sua real relevância somente foi percebida depois de alguns anos.





Fotos: Universal Images Group/Getty Images; SPL/Fotoarena; A. Barrington Brown, Gonville And Caius College/SPL/Fotoarena

(**A**) Rosalind Franklin, fotografia de 1955; (**B**) a imagem da estrutura do DNA obtida por Franklin, que foi chamada de "foto 51"; (**C**) James Watson (à esquerda) e Francis Crick (à direita) com o modelo que desenvolveram para descrever a estrutura da molécula de DNA, em 1953.

Reprodução do Livro do Estudante em tamanho reduzido.

#Para saber

Rosalind Franklin e seu papel na construção do modelo da dupla hélice do DNA

O artigo de Marcos Rodrigues da Silva discute diferentes argumentos e questões referentes à participação de Rosalind Franklin na construção do modelo de DNA. Disponível em: https://www.abfhib.org/FHB/FHB-02/FHB-v02-18-Marcos-Silva.pdf. Acesso em: 30 maio 2022.

Orientações didáticas

Para finalizar o trabalho com o tópico *#Histórico da Biotecnologia*, iniciado na página anterior, ressalte que, além dos egípcios, outros povos também observaram fenômenos naturais e aplicaram esses conhecimentos para auxiliar na sobrevivência e na alimentação da população.

Sugerimos que proponha aos estudantes a elaboração de um *podcast* sobre a produção de alimentos ou outros produtos desenvolvidos com processos naturais. Inicialmente, peça a eles que pesquisem o tema e elaborem um roteiro com as informações coletadas em sequência cronológica e em tópicos. Depois, peça que desenvolvam um texto, que se assemelhe à conversa informal, para transmitir aos ouvintes. Os *podcasts* podem ser apresentados em sala de aula e disponibilizados nas plataformas digitais da escola.

#A ciência é feita por pessoas

Este boxe busca destacar os grandes nomes por trás das pesquisas e descobertas científicas, bem como o contexto histórico no qual elas foram realizadas. Conhecer História e Filosofia da Ciência é fundamental para a compreensão de que a ciência é um processo dinâmico e mutável, relacionado a diversos fatores do cotidiano, bem como da dinâmica da natureza, e que seus diversos conceitos foram desenvolvidos com base em metodologias científicas, levando em consideração os conhecimentos adquiridos posteriormente em uma cultura ou pela comunidade científica.

Recomendamos que realize a leitura do texto com os estudantes e enfatize a área de estudo de cada cientista, bem como sua contribuição para os atuais conhecimentos de Genética e Biotecnologia. Você pode perguntar aos estudantes se já ouviram falar em DNA. Ressalte a relevância e o impacto que a descrição do DNA teve na vida dos seres humanos. Alguns exemplos de aplicação desse conhecimento são as investigações de crimes, que nunca seriam solucionados sem o uso das técnicas de DNA, e, também, a identificação de paternidade. Você pode propor aos estudantes uma discussão sobre a participação das mulheres na ciência, mencionando que, na época de Rosalind Franklin, essa inserção era mais difícil do que na atualidade.

Orientações didáticas

Inicie o tema explicando aos estudantes que se acredita que os seres humanos realizam manipulações genéticas desde o ano 12 000 a.C. Estima-se que o surgimento dessa técnica esteja relacionado ao início da domesticação de alguns animais. Nessa época, eram selecionados os animais que tinham características mais interessantes, e os seres humanos viabilizavam o cruzamento entre eles, a fim de que esses traços interessantes aparecessem em seus descendentes. As características desejadas com mais frequência estavam relacionadas ao tamanho do animal, à quantidade e qualidade da carne produzida por ele e ao comportamento – animais mais dóceis são mais fáceis de serem adestrados.

Caso considere pertinente, elabore no quadro de giz uma linha cronológica das manipulações genéticas, iniciando em 12 000 a.C. Depois, comente que foi apenas em 1972 que aconteceu a primeira transferência direta de material genético de um organismo para outro e, em 1974, foi criado pelo biólogo alemão Rudolf Jaenisch (1942-) o primeiro animal geneticamente modificado: um rato. Já em 1983, o tabaco foi a primeira planta a ser geneticamente modificada para ter maior resistência a pragas. Nos anos 2000, os estudos sobre a manipulação genética já se encontravam bem avançados, principalmente em relação a vegetais resistentes a pragas, e as pesquisas passaram a focar esforços em tornar os alimentos mais nutritivos. Atualmente, a Engenharia genética já é capaz de solucionar problemas mais complexos, como as doenças hereditárias.

Ressalte que a Engenharia genética, também conhecida como manipulação ou modificação genética, compreende técnicas de deleção, inserção ou manipulação de determinado gene, a fim de chegar a determinado resultado. Essas técnicas são utilizadas com o objetivo de introduzir ou reforçar características de um ser vivo e, geralmente, estão associadas a questões de saúde e de aumento de produção na agricultura e na pecuária.

As técnicas de Engenharia genética envolvem a inserção de material genético de uma espécie em outra e vice-versa. Os organismos resultantes dessa combinação são chamados de transgênicos ou organismos geneticamente modificados (OGM). Os OGM mais comuns são os vegetais. Algumas espécies recebem material genético de outras para que adquiram características favoráveis ao cultivo, como maior produção de grão e frutos ou, ainda, maior resistência a pragas.

Pergunte aos estudantes se conhecem alguém que tenha diabetes. É bem provável que sim. Explique que, na maioria dos casos, os portadores de diabetes não produzem o hormônio insulina ou o produzem em pequena quantidade. Sem a insulina, as taxas de açúcar no sangue ficam muito altas. Durante muitos anos, esse hormônio foi obtido de porcos, que produzem um tipo de insulina semelhante à humana, mas que pode causar alergias e outros problemas em algumas pessoas. Diante desse problema, foram desenvolvidas técnicas de manipulação genética em bactérias que permitiram a produção de uma insulina idêntica à humana, facilitando muito a vida dos portadores de diabetes.

Biotecnologia depois da descrição do DNA

A partir da descrição da estrutura do DNA, na década de 1950, a Biotecnologia passou a analisar a relação das características dos seres vivos com as estruturas genéticas, ou seja, com os genes e cromossomos.

Muitas pesquisas foram realizadas desde então, até que, a partir da década de 1970, os pesquisadores da área de Biotecnologia conseguiram desenvolver técnicas para manipular diretamente os genes das espécies para fins práticos.

Esses processos iniciaram um novo campo, a **Engenharia genética**, que é definida como um conjunto de técnicas que envolvem a manipulação direta do material genético de seres vivos com objetivos específicos. O desenvolvimento dessas técnicas ampliou o campo de aplicação da Biotecnologia e tornou mais previsíveis os resultados da seleção de características consideradas úteis aos seres humanos em plantas ou animais.

A Engenharia genética é, portanto, o campo da Biotecnologia que torna possível modificar a estrutura genética dos seres vivos. Os seres que têm um ou mais genes alterados por meio da Engenharia genética são chamados de **organismos geneticamente modificados (OGM)**. É possível, por exemplo, inserir genes de uma espécie em um indivíduo de outra espécie para que ele apresente determinadas características, como plantas que recebem genes para produzir substâncias tóxicas a insetos, tornando-se resistentes a esses animais.

Euler Junior/EMDA Press

Milho geneticamente modificado criado pela Embrapa (Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária), em Sete Lagoas (MG), data desconhecida. Essa variedade de milho é resistente ao ataque de uma larva de inseto conhecida como lagarta do cartucho.

Uma das primeiras aplicações das técnicas de Engenharia genética para obter organismos geneticamente modificados foi a inserção do gene humano que determina a produção do hormônio insulina em bactérias. Cultivadas em laboratório, essas bactérias modificadas passaram a produzir insulina, que poderia, então, ser isolada e comercializada.

O hormônio insulina é produzido no pâncreas e é muito importante para o organismo humano, pois age nas células promovendo a entrada da glicose, que circula no sangue. No entanto, existem pessoas que param de produzir a insulina ou apresentam problemas que reduzem sua quantidade no organismo, desenvolvendo uma doença chamada de diabetes. Na maioria dos casos de diabetes, o tratamento é feito injetando-se insulina no corpo. Antes da Engenharia genética, a insulina utilizada nesse tratamento era retirada de outros animais, como porcos, e passava por vários processos, o que aumentava os custos de produção. A insulina produzida por bactérias geneticamente modificadas facilitou esse processo, permitindo o acesso de mais pessoas ao tratamento e a um custo menor.

Gerain Savilov/Shutterstock

Muitas pessoas com diabetes devem tomar injeções diárias de insulina, conforme a prescrição do médico. Para isso, é possível utilizar uma caneta de insulina, como a mostrada na imagem.

Reprodução do Livro do Estudante em tamanho reduzido.

Organismos geneticamente modificados

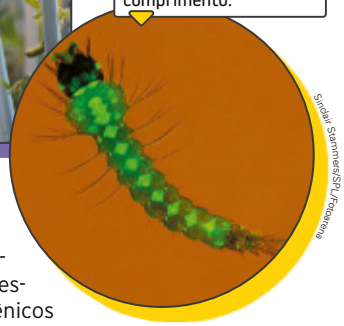
Como você estudou anteriormente, os organismos geneticamente modificados são aqueles que tiveram seus genes alterados para expressar ou ressaltar características de interesse.

Entre os OGM, estão os **organismos transgênicos**, que são chamados dessa maneira porque a modificação genética é resultado da **transferência de genes** de uma espécie para um indivíduo de outra espécie. Esse organismo transgênico passa a manifestar uma característica específica, que não é originalmente de sua espécie. É o caso das bactérias que produzem insulina em razão da inserção de um gene humano em seu DNA: são bactérias transgênicas.

Essa técnica pode ser usada também em espécies de plantas e animais. Existem diversas variedades de plantas transgênicas sendo cultivadas, como uma variedade de soja que recebeu determinado gene de uma bactéria. Esse gene confere resistência a um agrotóxico utilizado para destruir as plantas consideradas prejudiciais à lavoura. Assim, o agrotóxico pode ser aplicado na plantação para matar essas plantas sem que a soja seja prejudicada. Essa variedade de soja é, portanto, transgênica.

Soja transgênica sendo cultivada para sua utilização no campo. Fotografia de 2020.

Entre os animais, existem variedades de vacas transgênicas que estão sendo desenvolvidas com a inserção de genes que fazem com que o leite produzido não desencadeie alergias nas pessoas que o consomem. Outro exemplo são mosquitos transgênicos produzidos para o controle de doenças, que vêm sendo estudados no Brasil há vários anos. É o caso de mosquitos cujas larvas receberam um gene de abelha e passaram a produzir uma substância que impede que os adultos carreguem e transmitam o protozoário causador da malária. Essas larvas receberam também um gene de uma espécie de água-viva que emite **fluorescência**. Esse gene foi inserido para tornar as larvas fluorescentes e, assim, diferenciá-las das larvas de mosquitos não transgênicos. Os mosquitos transgênicos poderão ser usados no controle da malária, doença que atinge milhões de pessoas anualmente no mundo e causa a morte de muitas delas, e para a qual não existe vacina ainda.



MARCELO MANERA/AFP/Getty Images

Larva transgênica de mosquito transmissor da malária (*Anopheles stephensi*) fotografada sob luz ultravioleta. Observe os pontos verdes fluorescentes. Mede cerca de 8 mm de comprimento.

Sinclair Stammers/SPL/Fotoarena

Fluorescência: emissão de luz por uma substância quando exposta a um tipo de radiação. Na água-viva, a fluorescência ocorre quando certas proteínas são expostas à luz.

Reprodução do Livro do Estudante em tamanho reduzido.

#Para saber

Conheça 10 transgênicos que já estão na cadeia alimentar

O texto do *site* BBC Brasil comenta 10 alimentos transgênicos, vegetais e animais, que já são consumidos mundialmente.

Disponível em: https://www.bbc.com/portuguese/noticias/2013/02/130207_transgenicos_lista_tp. Acesso em: 30 maio 2022.

Orientações didáticas

Continuando a abordagem sobre a manipulação genética, sugerimos que explique aos estudantes que os OGM são quaisquer organismos que tenham seus genes manipulados para expressar ou ressaltar características de interesse, como o aumento da produção de óleo em grãos de milho, por exemplo. Entre os OGM destacam-se os chamados transgênicos. No DNA desses organismos são inseridos genes de outra espécie que expressam características de interesse médico ou econômico, por exemplo.

Sugerimos que você proponha aos estudantes a *#Atividade complementar* a seguir. O objetivo é que identifiquem diferentes tipos de alimentos que eles consomem e muitas vezes não sabem que são transgênicos.

#Atividade complementar

Alimentos transgênicos

Aprendemos que entre os OGM estão os transgênicos. No Brasil, são produzidos diversos alimentos transgênicos. Pesquise os principais alimentos transgênicos comercializados no Brasil e indique quais deles são consumidos com frequência em sua casa.

Espera-se que, após a pesquisa, os estudantes compartilhem com a turma o nome de alguns dos seguintes alimentos: óleo de cozinha, farinha de milho, fubá, farofa pronta, molho de soja, cereais matinais, polenta pronta, batata, beterraba, mamão, pimentão, margarina, maionese, milho, molho de tomate, enlatados em geral, arroz, misturas para bolo, pudim e sorvete, achocolatado em pó, balas, chicletes, soja, macarrão e biscoitos.

Orientações didáticas

Após a realização da pesquisa sobre alimentos transgênicos que consumimos, recomendamos reservar um tempo para conversar com os estudantes sobre esses alimentos, bem como se eles já estão presentes no nosso cotidiano. Pergunte a eles se conhecem o símbolo que indica que o alimento contém ingredientes transgênicos. Em seguida, mostre a eles o selo ilustrado no fim da página e pergunte se já notaram a presença dele nas embalagens dos alimentos que consomem com frequência.

Explique aos estudantes que, como diversos alimentos que consumimos podem ser transgênicos sem que tenhamos conhecimento disso, no Brasil existe uma legislação específica para a rotulagem de transgênicos. De acordo com o Decreto n. 4 680 de 24 de abril de 2003, deve ser informada ao consumidor a natureza transgênica de todo alimento ou ingrediente alimentício que contenha, ou seja, produzidos a partir de OGM acima de 1%. A Portaria n. 2 658, de 22 de dezembro de 2003, do Ministério da Justiça, define que o selo que indica a transgenicidade do alimento deve ocupar no mínimo 0,4% da área do painel principal do rótulo.

Comente que em 2005 foi promulgada no Brasil a Lei de Biossegurança n. 11 105, que regulamenta o processo de desenvolvimento de produtos transgênicos nas instituições de pesquisa e nas empresas do setor. Essa lei determina que todos os setores que trabalham com transgênicos necessitam de autorização prévia, registro nas instalações e profissionais habilitados para as atividades de pesquisa.

A Lei de Biossegurança é resultado da expectativa de que sejam descobertos, ou compreendidos de forma mais completa, novos genes capazes de melhorar o desenvolvimento de plantas em diversas situações, como suportar maiores períodos de seca e calor, entre outros exemplos.

No Brasil, já existem várias culturas agrícolas transgênicas, como milho, soja, tomate e arroz, além de criações de animais transgênicos, como ovelhas, bichos-da-seda e porcos.

Muitos testes são necessários para que variedades transgênicas sejam cultivadas, comercializadas ou liberadas no ambiente. No Brasil, o uso de organismos transgênicos precisa ser aprovado na **Comissão Técnica Nacional de Biossegurança (CTNBio)**, que avalia os riscos e os benefícios do uso desses organismos, além de possíveis impactos sobre as pessoas e o ambiente.

Essa comissão é importante porque, apesar de os transgênicos apresentarem muitos benefícios, como o aumento da produção agrícola e da qualidade nutricional dos alimentos, eles também podem apresentar riscos. Por isso, o tema dos organismos transgênicos é debatido não apenas pela comunidade científica, mas por toda a sociedade.

Um dos argumentos que questionam essa prática é que não existiriam estudos suficientes sobre os efeitos do consumo de alimentos transgênicos na saúde das pessoas, por exemplo. Outro aspecto muito debatido envolve desequilíbrios no ambiente onde organismos transgênicos são cultivados ou criados. Por isso, é importante que cada transgênico desenvolvido tenha um registro e seja fiscalizado em relação aos genes inseridos e aos resultados dos testes para a saúde humana e para o meio ambiente. Essa é uma forma de a CTNBio controlar o uso de transgênicos e rastrear possíveis impactos. Os testes tentam identificar, por exemplo, possíveis alergias ou reações decorrentes do gene inserido e das substâncias que o organismo transgênico passa a produzir.

Diante dessas questões e das discussões que elas geram, muitos países, incluindo o Brasil, determinaram por lei que os alimentos que apresentam componentes transgênicos ou organismos geneticamente modificados em sua composição devem apresentar um selo. Assim, com esse selo no rótulo, os consumidores podem identificar esses produtos, bem como escolher ingeri-los ou não.

Daniel Cymbalista/Pulsar Imagens

Embalagem de alimento com o símbolo que identifica a presença de ingredientes obtidos de organismos transgênicos.

Reprodução do Livro do Estudante em tamanho reduzido.

Além da segurança em relação à saúde das pessoas que consomem alimentos transgênicos, é preciso garantir a segurança no ambiente. Isso porque algumas plantas geneticamente modificadas podem ter seu pólen carregado para outros locais e fecundar plantas não transgênicas, e não se sabe exatamente as consequências disso para as espécies que não foram geneticamente modificadas. O esquema a seguir mostra outro exemplo de preocupação ambiental relacionada ao cultivo de plantas transgênicas: o risco de surgirem pragas cada vez mais resistentes, que exigiriam quantidades maiores de agrotóxicos para serem combatidas.

FORA DE PROPORÇÃO · CORES FANTASIA

Essas plantas transgênicas são resistentes ao ataque de um inseto considerado praga.

Os insetos morrem ao comer as folhas, e o problema parece resolvido. Mas alguns indivíduos podem sobreviver, pois são naturalmente resistentes às substâncias produzidas pelas folhas.

Após um tempo, os insetos resistentes podem proliferar e demandar o uso de agrotóxicos para ser combatidos.

R2 Editorial/Arquivo da editora

Representação esquemática da seleção de insetos resistentes em uma lavoura de plantas transgênicas.

Outra questão diz respeito à produtividade das sementes transgênicas, que pode ser maior do que a das sementes originais, mas são comercializadas a altos valores por empresas privadas do setor agrícola. Isso pode levar a um **monopólio** da produção de alimentos, gerando também um problema socioeconômico, pois nem todos os produtores teriam acesso a essas sementes ou condições de competir com aqueles que as utilizam em suas lavouras. Esse tipo de problema já ocorre em algumas regiões do Brasil e também em outros países.

◀ **Monopólio:** controle da venda de um produto por uma empresa, sem concorrentes.

Essas questões mostram a importância de identificar os alimentos transgênicos e de preservar as espécies nativas, que são muito importantes para a produção de alimentos em pequenas propriedades.

#Estude

Embrapa – Ciência que transforma

Disponível em: https://www.embrapa.br/grandes-contribuicoes-para-a-agricultura-brasileira?link=acesso-rapido. Acesso em: 14 fev. 2022.

As pesquisas de plantas para cultivo e animais transgênicos para criação no Brasil se dá principalmente por meio da Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária (Embrapa), que é vinculada ao Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento (Mapa). Essa é uma empresa pública, que fornece suporte para os agricultores e os criadores brasileiros. Em seu *site*, é possível encontrar materiais sobre o desenvolvimento de variedades geneticamente modificadas e também as últimas pesquisas realizadas no Brasil nessa área.

Reprodução do Livro do Estudante em tamanho reduzido.

#Atividade complementar

Júri simulado

Organize a turma em dois grandes grupos, a fim de formar um júri simulado para debater os alimentos transgênicos. Determine o grupo a favor dos transgênicos e o contra. Oriente os estudantes a realizar pesquisas, a fim de argumentar sobre seus receptivos pontos de vista.

Peça a eles que pesquisem os tópicos a seguir.

- O que são transgênicos?
- Como os alimentos transgênicos são produzidos e cultivados no Brasil e no mundo?
- Quais são os benefícios para o produtor e a população de plantas desenvolvidas para serem mais resistentes?
- O consumo de alimentos transgênicos é seguro?
- Quais podem ser as consequências do consumo de alimentos transgênicos a longo prazo?
- Se a produção de transgênicos é maior se comparada aos não transgênicos, e se seriam eles capazes de erradicar a fome no mundo?
- Qual é a importância do uso do selo de transgênicos nas embalagens de alimentos?

Por fim, selecione de quatro a seis integrantes para representarem o júri.

Orientações didáticas

Para finalizar o estudo sobre OGM, sugerimos a leitura com os estudantes do texto indicado no boxe *#Para ler* a seguir.

#Para ler

Saiba o que são os alimentos transgênicos e quais os seus riscos

[...]

O QUE SÃO OS ALIMENTOS TRANSGÊNICOS?

Os transgênicos são alimentos modificados geneticamente com a alteração do código genético. Ou seja, quando são inseridos nos organismos genes provenientes de outro. Esse procedimento pode ser feito até mesmo entre organismos de espécies diferentes (inserção de um gene de um vírus em uma planta, por exemplo) e realizado com plantas, animais e micro-organismos.

[...]

QUAIS OS RISCOS PARA A SAÚDE?

São vários e graves os riscos potenciais, tendo os cientistas apontado como os principais deles:

1. Aumento das alergias

Quando se insere um gene de um ser em outro, novos compostos podem ser formados nesse organismo, como proteínas e aminoácidos. Se este organismo modificado geneticamente for um alimento, seu consumo pode provocar alergias em parcelas significativas da população, por causa dessas novas substâncias. [...]

2. Aumento de resistência aos antibióticos

Para se certificar de que a modificação genética "deu certo", os cientistas inserem genes (chamados marcadores) de bactérias resistentes a antibióticos. Isso pode provocar o aumento da resistência a antibióticos nos seres humanos que ingerem esses alimentos. [...]

INSTITUTO BRASILEIRO DE DEFESA DO CONSUMIDOR. 24 set. 2021. Disponível em: https://idec.org.br/consultas/dicas-e-direitos/saiba-o-que-sao-os-alimentos-transgenicos-e-quais-os-seus-riscos. Acesso em: 31 maio 2022.

A fim de discutir os pontos positivos e os negativos do cultivo de transgênicos, sugerimos a *#Atividade complementar* a seguir. Esse tipo de atividade é uma importante forma de estimular os estudantes a pesquisar temas diversos e basear suas concepções em argumentos e fatos. Além disso, os incentiva a discutir seus pontos de vista de forma respeitosa.

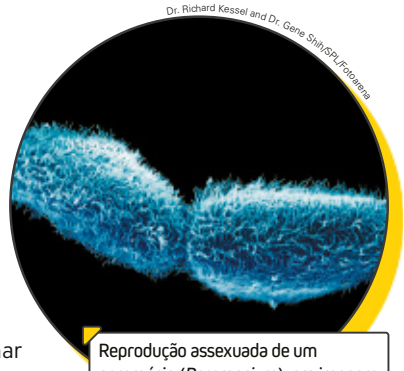
Orientações didáticas

Sugerimos iniciar o tema reforçando que clonagem é a produção de organismos geneticamente iguais e idênticos. A clonagem pode ser natural, quando ocorre em indivíduos que se reproduzem de maneira assexuada e geram descendentes que são clones deles, ou artificial, quando é realizada em laboratórios. A técnica utilizada em animais demanda a retirada do núcleo do gameta feminino e a inserção de um núcleo de uma célula somática. A junção desses núcleos é alocada em uma nova célula formada no útero de outro animal e lá passará a se desenvolver.

O texto do boxe *#Para ler*, a seguir, destaca que não são apenas animais que podem ser clonados e que técnicas de clonagem vegetal são utilizadas há bastante tempo. Caso julgue pertinente, leia o texto ou compartilhe as informações com os estudantes.

Clonagem

Você se lembra do que são clones? Clones são organismos que têm material genético idêntico. Na natureza, existem os chamados **clones naturais**, originados por meio de reprodução assexuada: os organismos formados têm o material genético praticamente idêntico àquele que lhes deu origem. Isso ocorre, por exemplo, com bactérias e protozoários, que se reproduzem por bipartição, e com esponjas marinhas que se reproduzem por brotamento.


Dr. Richard Kessel and Dr. Gene Shih/SPL/Fotoarena

Reprodução assexuada de um paramécio (*Paramecium*), em imagem colorida artificialmente e obtida por microscópio eletrônico, aumento de 780 vezes. Como resultado, são formados dois clones naturais.

Os seres humanos desenvolveram técnicas para clonar seres vivos. Uma das primeiras formas de clonagem, que nem recebia esse nome e é realizada há milhares de anos, é aplicada em plantas e chama-se **estaquia**. Nesse processo, estimula-se a produção de raízes e brotos em partes destacadas da planta, como folhas ou ramos. Após a formação das raízes, essa parte destacada pode ser transplantada e gerar uma nova planta com as mesmas características daquela que lhe deu origem. Esse processo pode ser realizado com plantas que apresentam características de interesse para que essas características estejam presentes nos clones.

Khrystyna Sun/Shutterstock

Ramo com crescimento de raízes que dará origem a um novo indivíduo ao ser transplantado. Ele será um clone da planta original.

Clonagem reprodutiva

Com o avanço da Biotecnologia, a clonagem de plantas também passou a ser realizada em laboratório a partir de células de plantas adultas, replicando suas características, ou mesmo de plantas manipuladas geneticamente. Esse processo caracteriza a **clonagem reprodutiva**, na qual um clone é formado a partir de células de um organismo adulto.

Vladimir Mulder/Shutterstock

Clones de plantas geneticamente modificadas obtidos a partir de células da planta original, crescendo em tubos de ensaio.

Reprodução do Livro do Estudante em tamanho reduzido.

#Para ler

Cientistas aceleram crescimento de mudas para salvar espécies em Brumadinho

Plantas clonadas têm crescimento até 20 vezes mais acelerado que o normal; técnica evita que DNA de árvores que estão prestes a morrer seja perdido

[...]

Algumas plantas em risco de extinção após o rompimento da barragem de Brumadinho, que aconteceu em janeiro de 2019, ganharam uma força de cientistas brasileiros para que possam se reproduzir e voltar a ocupar a região. Um grupo de pesquisadores da UFV [Universidade Federal de Viçosa] desenvolveu uma tecnologia capaz de recuperar o DNA de plantas e acelerar em até 20 vezes o tempo de crescimento de suas mudas.

[...]

Espécies como jacarandá-caviúna, ipê-amarelo, braúna e jequitibá, cujas mudas poderiam levar mais de uma década para florescer, podem ter seu tempo de maturação acelerado por meio do recolhimento e da multiplicação do seu DNA e outras técnicas. O código genético das árvores, que já são adultas, é reproduzido em laboratório e as mudas criadas a partir daí recebem hormônios para acelerar ainda mais o crescimento.

[...]

As espécies clonadas são apenas uma parte do projeto de reflorestamento de 296 hectares destruídos pelo rompimento da barragem do Córrego do Feijão, região que deve receber cerca de 70 mil mudas comuns até o final de 2021. As versões especiais somam 5 mil mudas e serão distribuídas ao longo dos próximos 3 anos com a finalidade principal de atrair a fauna de volta para a polinização e dispersão das sementes.

[...]

CORACCINI, R. Cientistas aceleram crescimento de mudas para salvar espécies em Brumadinho. *CNN Brasil*, 5 jun. 2021. Disponível em: https://www.cnnbrasil.com.br/nacional/cientistas-aceleram-crescimento-de-mudas-para-salvar-especies-em-brumadinho/. Acesso em: 31 maio 2022.

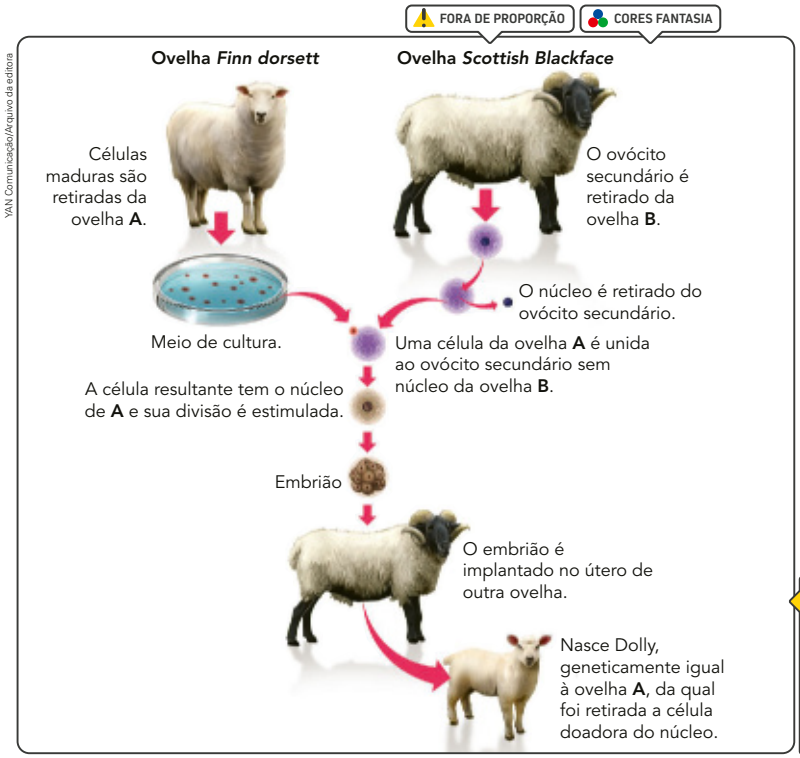
A clonagem reprodutiva de animais demorou mais tempo para ser realizada por se tratar de um processo mais complexo do que o das plantas. O primeiro mamífero clonado com sucesso a partir de células adultas de um outro indivíduo foi a ovelha que recebeu o nome de Dolly, apresentada ao mundo em 1997.

A técnica de Biotecnologia utilizada para a formação de Dolly é chamada de **transplante nuclear** e foi revolucionária para a época. Nessa técnica, o núcleo de uma célula madura, contendo material genético de uma ovelha, é isolado e inserido em um ovócito secundário retirado de outra ovelha e que teve seu núcleo previamente extraído. Assim, esse ovócito é induzido a se multiplicar, como se tivesse sido fecundado, e dá origem a um embrião, um novo indivíduo geneticamente igual àquele do qual foi retirada a célula para o transplante de núcleo.

Da forma que foi descrito parece um processo fácil, mas esse foi um procedimento complexo, que teve de ser repetido dezenas de vezes até que fosse possível o desenvolvimento de Dolly. Muitos embriões formados por clonagem morrem ou apresentam malformações e alterações genéticas.

Handout/Getty Images

Ovelha Dolly (em 2000), primeiro mamífero clonado com sucesso por meio da técnica de transplante nuclear de uma célula de um organismo adulto.



YAN Comunicação/Arquivo da editora

Elaborado com base em: RUSSEL, P. J.; HERTZ, P. E.; MCMILLAN, B. *Biology*: The Dynamic Science. 4th ed. Boston: Cengage, 2017.

Representação esquemática simplificada do processo de clonagem reprodutiva da ovelha Dolly.

A ovelha Dolly teve sua vida acompanhada pelos pesquisadores, que identificaram que ela sofreu envelhecimento prematuro. Em 2003, Dolly morreu precocemente por causa de uma infecção pulmonar, comum em ovelhas mais velhas. Ela viveu por seis anos; ovelhas geralmente vivem por cerca de doze anos.

Reprodução do Livro do Estudante em tamanho reduzido.

Orientações didáticas

Continuando a abordagem do tópico, destaque que as técnicas de clonagem estão sendo aprimoradas com o passar do tempo, com o desenvolvimento de pesquisas e avanços tecnológicos. Atualmente, é possível obter clones de diversas espécies de mamíferos. Cite como exemplo os experimentos com camundongos geneticamente idênticos que são expostos a diferentes condições, para que se possa compreender a interferência do ambiente na expressão de seu genótipo. O sucesso da clonagem de animais ainda é baixo, pois a maioria dos clones acaba morrendo no início da gestação. Além disso, há clones que apresentam anormalidades em virtude de falhas na reprogramação do material genético.

Sugerimos que reforce para os estudantes que a clonagem reprodutiva envolve a geração de um novo indivíduo, um clone, que será um organismo geneticamente idêntico à célula que lhe deu origem. O primeiro mamífero a ser clonado com sucesso foi a ovelha Dolly, em 1996. Nesse experimento, os pesquisadores retiraram do ovócito de uma ovelha o núcleo contendo o DNA e o substituíram pelo núcleo retirado de uma célula mamária de outra ovelha adulta. Depois desse processo, ocorreu a fusão do ovócito com o núcleo, e o embrião resultante foi implantado no útero de uma terceira ovelha, que deu à luz a Dolly, um clone da ovelha que cedeu a célula mamária.

#Para ler

Clonagem da ovelha Dolly completa 25 anos com novas possibilidades para a ciência

[...]

Lygia da Veiga Pereira, professora do Departamento de Genética e Biologia Evolutiva do Instituto de Biociências (IB) da USP, conta que o núcleo das células contém o genoma, "uma receita que a natureza vai seguir para transformar aquela célula num indivíduo". A clonagem é feita a partir da transferência nuclear.

[...]

Segundo Lygia, a grande herança do experimento foi a demonstração de que uma célula adulta, ou seja, com função já definida, ainda pode ser transformada em outro tipo de célula. A professora utiliza uma célula de pele como exemplo: "Até a Dolly, a gente achava que essa célula, uma vez tendo decidido ser célula de pele, ela não conseguiria se reprogramar". Com a clonagem da ovelha, ficou provado que isso é possível.

[...]

TAMMARO, R. Clonagem da ovelha Dolly completa 25 anos com novas possibilidades para a ciência. *Jornal da USP*, 30 jul. 2021. Disponível em: https://jornal.usp.br/atualidades/clonagem-da-ovelha-dolly-completa-25-anos-e-trouxe-novas-possibilidades-para-a-ciencia. Acesso em: 31 maio 2022.

Orientações didáticas

Comente com os estudantes que depois que o primeiro animal clonado de forma artificial ficou conhecido globalmente, iniciou-se uma série de discussões de cunho religioso e bioético sobre o uso dessa técnica em seres humanos. As clonagens reprodutivas em seres humanos foram proibidas, gerando, inclusive, um artigo na Declaração Universal sobre o Genoma Humano e os Direitos Humanos.

#Para ler

Por que o cientista chinês que diz ter editado genes de bebê causou revolta entre pesquisadores

[...]

O professor He Jiankui disse que duas meninas gêmeas, nascidas há algumas semanas, tiveram seus DNAs alterados enquanto ainda eram embriões, para evitar que contraíssem o vírus HIV.

A declaração dele – filmada pela agência de notícias Associated Press – não foi confirmada por outros pesquisadores. Integrantes da comunidade científica disseram que a ideia de editar genes de bebês humanos é "monstruosa".

[...]

He Jiankui [...] alega ter usado as ferramentas de edição genética nos embriões das duas meninas gêmeas, chamadas de Lulu e Nana.

No vídeo, ele alega ter eliminado um gene chamado CCR5, para tornar as garotas resistentes ao vírus HIV, caso algum dia elas entrem em contato com ele.

Ele diz que o objetivo de seu trabalho é criar crianças que não sofrerão com doenças, e não produzir bebês "projetados" para ter olhos de determinada cor ou alto quociente de inteligência (QI).

[...]

Outros cientistas da área disseram que, se a alegação for verdadeira, He foi longe demais ao realizar experimentos em embriões saudáveis sem uma justificativa plausível.

[...]

"Se isso for considerado ético, é porque a percepção deles (chineses) de ética é muito diferente daquela do resto do mundo", diz Dusko Ilic, especialista em células-tronco do King's College de Londres.

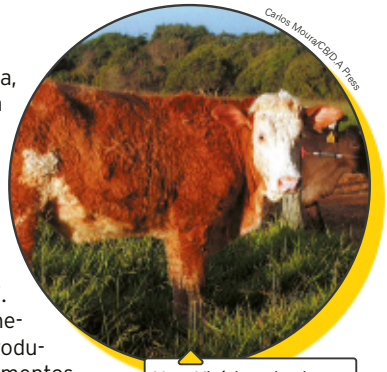
Ilic argumenta que a infecção por HIV hoje é tratável – e se for mantida sob controle com o uso de medicação, a probabilidade de ser transmitida ao bebê pela mãe é quase nula.

[...]

ROBERTS, M. Por que o cientista chinês que diz ter editado genes de bebê causou revolta entre pesquisadores. *BBC News Brasil*, 26 nov. 2018. Disponível em: https://www.bbc.com/portuguese/geral-46325617. Acesso em: 30 maio 2022.

A clonagem de Dolly foi um marco na ciência, e, depois dela, vários outros mamíferos foram clonados por meio da mesma técnica ou de outras que foram sendo aprimoradas. No Brasil e na América Latina, o primeiro mamífero clonado foi a vaca Vitória. A pesquisa foi realizada pela Embrapa em 2001, e Vitória viveu por dez anos. Depois disso, vários outros clones foram produzidos em diferentes países e lugares do mundo.

Você pode se perguntar: "Mas qual é o objetivo do desenvolvimento de clones, tanto de plantas quanto de animais?". A ideia é que, por meio de clones de animais e plantas, geneticamente modificados ou não, seja possível aumentar as produtividades agrícola e pecuária, e melhorar a qualidade dos alimentos. No entanto, a clonagem envolve um alto investimento para que seja realizada, a perda de variabilidade genética das espécies e questões éticas, no caso dos animais, como a perda de muitos embriões e a morte precoce de muitos clones em decorrência de problemas genéticos, principalmente nas etapas iniciais de uma pesquisa que investigue a clonagem de determinado organismo.



Carlos Moura/CB/D.A Press

Vaca Vitória, primeiro clone de mamífero desenvolvido por meio da técnica de transferência nuclear na América Latina, em fotografia de 2003.

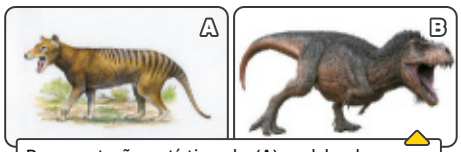
#Para refletir

GRUPO

NÃO ESCREVA NO LIVRO

É possível clonar animais extintos, como os dinossauros?

Para clonar um animal, é necessário ter todo o conjunto de seu material genético intacto ou em bom estado. Desse modo, as informações genéticas podem ser passadas para um óvulo sem núcleo e um embrião pode se formar. Quanto mais antiga for a extinção da espécie, maior será a probabilidade de seu DNA estar danificado e o conjunto de informações genéticas não estar completo.



Representações artísticas de: (**A**) um lobo-da-tasmânia (*Thylacinus cynocephalus*, media cerca de 1,20 m de comprimento), extinto na década de 1930; (**B**) um dinossauro (*Tyrannosaurus rex*, media cerca de 5 m de altura), extinto há milhões de anos.

Imagem A: John Sibbick/SPL/Fotoarena. Imagem B: Herschel Hoffmeyer/Shutterstock

Por exemplo, no caso de animais como os lobos-da-tasmânia, que foram extintos na década de 1930, com vários espécimes conservados em museus, não há DNA suficiente para realizar sua clonagem. Se pensarmos que os dinossauros foram extintos há milhões de anos, essa possibilidade se reduz ainda mais.

Conseguir clonar um animal de uma espécie atual já é um grande desafio, que gera muitas tentativas frustradas até acontecer. Se considerarmos um animal extinto, com DNA fragmentado, isso se torna um desafio que muitos cientistas afirmam ser impossível de cumprir.

Outra questão é se esse tipo de clonagem deve ser feito. Além da grande quantidade de dinheiro que seria necessária para realizar o procedimento, o que aconteceria se ele desse certo? Como criar esses animais em cativeiro? Mesmo que mais de um seja produzido por clonagem, não haveria garantias de que eles conseguiriam sobreviver nas condições ambientais atuais. E qual seria a finalidade dessa sobrevivência?

Elaborado com base em: MEYER, A. *Detetives do DNA*: como a dupla hélice está solucionando mistérios e crimes do passado. Tradução de Ryta Vinagre. Rio de Janeiro: Record, 2008.

1 **Após a leitura, reúna-se com um colega e discutam a pergunta final do texto: na opinião de vocês, qual seria a finalidade de existirem clones de animais de espécies extintas na atualidade?**

1. Resposta pessoal. Consulte as Orientações didáticas.

Reprodução do Livro do Estudante em tamanho reduzido.

#Para refletir

O trabalho com o texto proposto favorece o desenvolvimento da competência específica 4 de Ciências da Natureza.

1. Resposta pessoal. Os estudantes podem levantar diversos pontos acerca da pergunta. Um deles pode estar relacionado ao fato de a clonagem de animais extintos nos dar uma chance de reparar os estragos já causados no ambiente.

Clonagem terapêutica

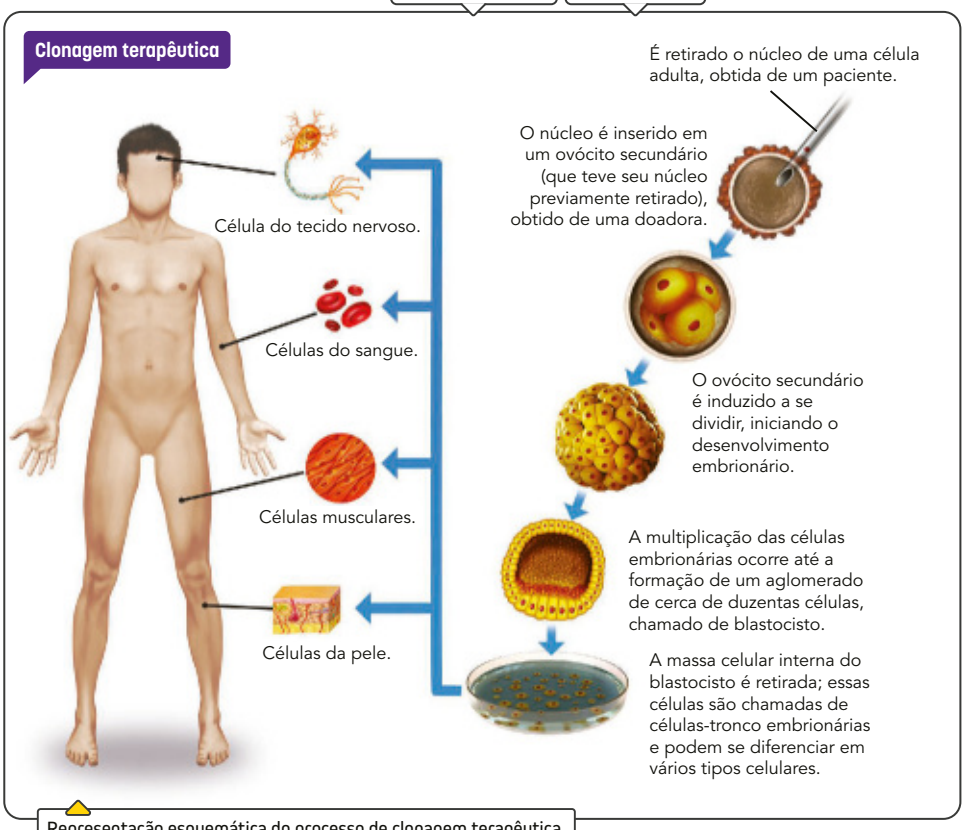
Outro tipo de clonagem é a **clonagem terapêutica**, na qual são realizados quase os mesmos procedimentos da clonagem reprodutiva. Isto é, há a transferência nuclear, mas nela as células iniciais formadas por meio da divisão do ovócito secundário não são implantadas em um útero; elas são cultivadas em placas em laboratórios e, a partir disso, são obtidas as chamadas **células-tronco**.

As células-tronco são células indiferenciadas, ou seja, elas podem se diferenciar em outros tipos de células que formam o corpo, como células musculares, ósseas ou epiteliais. O objetivo da clonagem terapêutica e do desenvolvimento de células-tronco em laboratório é a produção de tecidos e órgãos para transplante, por exemplo, a partir de células do próprio paciente, o que reduziria muito a possibilidade de rejeição pelo organismo.

A clonagem terapêutica ainda está em fase de pesquisas, que investigam, por exemplo, em quais doenças a técnica poderia ser empregada e quais são as questões éticas envolvidas. Trata-se de uma técnica muito promissora para o futuro.

Elaborado com base em: ZATZ, Mayana. Clonagem e células-tronco. *Estudos Avançados*, v. 18, n. 51, p. 247-256, 2004. Disponível em: https://www.revistas.usp.br/eav/article/view/10012/11584. Acesso em: 19 abr. 2022.

FORA DE PROPORÇÃO CORES FANTASIA



YAN Comunicação/Arquivo da editora

Representação esquemática do processo de clonagem terapêutica.

Reprodução do Livro do Estudante em tamanho reduzido.

#Para saber

Clonagem e células-tronco
Artigo que aborda vários temas, como: o conceito de clonagem; a diferença entre clonagem reprodutiva e clonagem terapêutica; as principais fontes de células-tronco para uso em terapias celulares; além de aspectos éticos. Disponível em: https://drauziovarella.uol.com.br/genetica/clonagem-e-celulas-tronco-artigo/. Acesso em: 31 maio 2022.

Orientações didáticas

Sugerimos que inicie o tema explicando aos estudantes que a clonagem terapêutica é uma técnica muito parecida com a clonagem reprodutiva. Entretanto, o óvulo manipulado não é inserido no útero, e sim utilizado para a realização de um cultivo celular em laboratório, com o objetivo de produzir células-tronco e tecidos saudáveis, que possam ser utilizados em diversos tratamentos de pacientes já sem outras opções. Comente que, assim como a clonagem reprodutiva, a clonagem terapêutica também está envolvida em diversas polêmicas no âmbito bioético e religioso, porém, é aceita em vários países.

É de extrema importância que os estudantes saibam diferenciar a clonagem reprodutiva da clonagem terapêutica. Assim, ao explorar a imagem da página, enfatize que os processos são parecidos, porém, com objetivos diferentes. Reforce que clonagem terapêutica é uma das maneiras pelas quais se pode obter células-tronco, que são células indiferenciadas que têm potencial para formar vários outros tipos de células que compõem o organismo. As células-tronco podem ser obtidas a partir dos embriões ou de células adultas, que são estimuladas a voltar a esse estágio indiferenciado para se multiplicar em seguida. Essas células vêm recebendo bastante atenção nos últimos anos, em virtude das expectativas para o desenvolvimento de novos tratamentos para infarto, diabetes e até mesmo lesões na medula, por exemplo.

Terapia gênica

A partir principalmente dos anos 2000, muitas pesquisas em Engenharia genética foram voltadas para o tratamento ou o diagnóstico de doenças. Essas pesquisas contribuíram com o avanço do campo da **terapia gênica**, que traz possibilidades de cura para doenças genéticas.

O objetivo da terapia gênica é identificar alelos responsáveis por determinada doença e manipulá-los, substituindo-os ou impedindo a sua expressão. Porém, esse procedimento precisaria ser reproduzido em todas as células envolvidas na manifestação da doença para curá-la completamente, e a técnica para que isso seja realizado não é simples. A terapia gênica também envolve questões éticas, já que exige a alteração do material genético de um indivíduo. Além disso, diante das condições tecnológicas atuais, esse seria um tratamento de alto custo, que não estaria disponível para todas as pessoas.

Essa ainda é uma área em desenvolvimento, que no futuro pode levar à cura de doenças graves cuja causa é genética, como vários tipos de câncer.

#Para refletir

GRUPO

NÃO ESCREVA NO LIVRO

1 **Duas grandes questões relacionadas a tratamentos genéticos para a cura de doenças, desenvolvimento de medicamentos ou exames para diagnóstico são o custo e a garantia de acesso a essas tecnologias para toda a população.**

Converse com os colegas e o(a) professor(a) sobre a seguinte questão: Como seria possível garantir que técnicas que podem prolongar e melhorar a vida das pessoas sejam acessíveis a todos?

1. Respostas pessoais. Consulte as Orientações didáticas.

Projeto Genoma Humano

Genoma é o conjunto completo de DNA presente em um ser vivo, e cada espécie tem o seu genoma. As moléculas de DNA são formadas por partes menores, chamadas de **nucleotídeos**, que podem ser de quatro tipos diferentes. O genoma é decifrado quando se tornam conhecidos o número e a sequência de nucleotídeos em cada molécula de DNA presente nos organismos de uma espécie. Cada molécula de DNA forma um cromossomo, como estudamos no capítulo anterior.

O Projeto Genoma Humano, realizado entre 1989 e 2003, teve o objetivo de identificar todos os genes humanos e sua localização no nosso conjunto de 23 pares de cromossomos. Laboratórios de diversos países participaram do projeto.

Na época, havia muitas expectativas de que, por meio do sequenciamento do genoma humano, a terapia gênica e outras técnicas de tratamento de doenças genéticas pudessem rapidamente se tornar realidade. Muitas dessas expectativas não se concretizaram, principalmente porque descobriu-se que os seres humanos têm muitas variações em suas características genéticas, e alguns tratamentos não poderiam ser desenvolvidos de modo generalizado. No entanto, a pesquisa permitiu a identificação de várias particularidades do material genético humano, como o fato de termos aproximadamente 20 mil genes em nosso genoma, e uma compreensão maior de como ocorre a expressão das características hereditárias.

Alósio Mauricio/Fotoarena

O Centro de Estudos do Genoma Humano, na Universidade de São Paulo (USP-SP), foi um dos laboratórios que participou do Projeto Genoma Humano.

Reprodução do Livro do Estudante em tamanho reduzido.

Orientações didáticas

Explique aos estudantes que a terapia gênica, também conhecida como terapia genética, tem como objetivo solucionar problemas de doenças hereditárias, corrigindo o gene ou o grupo de genes que causa a doença. A principal técnica utilizada consiste na manipulação de um vírus inofensivo, que contenha material genético que possa corrigir os problemas das doenças hereditárias. Quando esses vírus entram em contato com as células-alvo, liberam esse material genético manipulado, a fim de que esse pedaço de DNA se encaixe no DNA da célula. Com o DNA corrigido, novas células saudáveis serão produzidas e boa parte dos sintomas serão reduzidos.

Pouco se sabe sobre o uso a longo prazo das terapias gênicas, por isso, são técnicas pouco utilizadas em seres humanos. No entanto, existe uma grande expectativa de que diversos problemas de saúde possam ser resolvidos com sua utilização.

#Para refletir

A atividade proposta neste boxe favorece o desenvolvimento da competência específica 4 de Ciências da Natureza.

1. Espera-se que os estudantes concluam que uma das maneiras de garantir o acesso de toda a população a terapias, medicamentos e exames são as ações por parte do governo. Para isso, você pode citar o exemplo dos medicamentos contra o vírus HIV, que eram muito caros, mas, pela ação do governo, foram barateados e até disponibilizados pelo Sistema Único de Saúde (SUS) de forma gratuita.

Na abordagem do tópico *Projeto Genoma Humano*, sugerimos que, inicialmente, peça aos estudantes que leiam o primeiro parágrafo, que descreve o conceito de genoma humano, e que expliquem o que entenderam. Esclareça aos estudantes que o genoma é um código genético que tem todas as informações hereditárias de um indivíduo, sendo codificada no DNA. O genoma humano apresenta codificado no DNA dos seus 46 cromossomos informações sobre as características deste organismo.

Tendo em vista que os estudantes compreenderam o conceito do genoma, comente com eles que o Projeto Genoma Humano foi um grande esforço da pesquisa internacional para sequenciar e mapear todos os genes dos seres humanos. O projeto, iniciado oficialmente em 1990, tinha como objetivo determinar a ordem, ou sequência, de todas as bases do nosso DNA genômico, identificar e mapear os genes de todos os 23 pares de cromossomos humanos, armazenar essa informação em bancos de dados, desenvolver ferramentas eficientes para analisar esses dados e meios de usá-los para estudos da Biologia e da Medicina.

Finalize comentando que o Projeto Genoma Humano começou a partir de uma iniciativa do setor público, sob a liderança do cientista estadunidense James Watson (1928), na época chefe dos Institutos Nacionais de Saúde dos Estados Unidos. Diversas escolas, universidades e laboratórios participaram do projeto, usando recursos dos Institutos Nacionais de Saúde e do Departamento de Energia Norte-Americano.

#Para saber

Genoma: a jornada de 30 anos do Projeto Genoma Humano

Texto escrito pela bióloga Bruna Mascaro, que explica o que foi o Projeto Genoma Humano, as mudanças pelas quais ele passou desde o início do projeto, bem como a importância e os impactos do sequenciamento do genoma humano, além dos próximos passos dessa área.

Disponível em: https://blog.varsomics.com/genoma-a-jornada-de-30-anos-do-projeto-genoma-humano/. Acesso em: 31 maio 2022.

Exame de DNA

Um dos grandes avanços obtidos por meio de técnicas de Engenharia genética é a identificação de pessoas por meio de seu DNA. Isso porque o DNA de cada pessoa é único, ou seja, assim como no caso das impressões digitais, cada indivíduo tem uma sequência única de nucleotídeos em seu DNA.

Sabemos que o DNA está dentro das células humanas, no núcleo. Então, para que um exame de DNA seja realizado, é necessária uma amostra de células da pessoa. Assim, pode-se, por exemplo, realizar testes de paternidade, nos quais compara-se o DNA de uma pessoa ao DNA do possível pai. Por meio dessa comparação, são observadas as semelhanças entre os DNAs: quanto mais semelhantes, mais se confirma a paternidade, e a taxa de acerto é muito próxima de 100%.

Essa técnica também é utilizada para a identificação de pessoas desaparecidas, já que muitas delas podem ficar muitos anos longe de casa e não serem facilmente reconhecidas pelas famílias.

Os exames de DNA também revolucionaram a investigação e o esclarecimento de crimes. Por meio de um fio de cabelo ou de vestígios de sangue, saliva ou esperma encontrados no local de um crime, é possível obter uma amostra do DNA para analisar e comparar ao de suspeitos do crime. Muitos casos policiais atuais não seriam esclarecidos sem a utilização de exames de DNA, e muitos casos antigos estão tendo desfechos atualmente em razão desse tipo de análise.

Mcrogan/Shutterstock

Os peritos criminais são os profissionais que fazem a coleta de amostras que podem conter DNA em cenas de crimes. Eles usam roupas especiais para evitar a contaminação da área durante a coleta, o que poderia prejudicar as análises de DNA em laboratório.

#Para interpretar

GRUPO

NÃO ESCREVA NO LIVRO

Leia o texto a seguir.

Nos últimos anos, têm se popularizado no Brasil os testes de DNA para identificar a ancestralidade, principalmente em decorrência da redução de seu custo. Muitas famílias não conhecem a origem geográfica de seus antepassados, e esse tipo de exame pode ajudar a conhecer mais dessa história.

O teste é feito a partir de uma amostra de saliva da pessoa. Desde o envio da amostra até o resultado, são necessários cerca de trinta dias. O material genético é extraído de células do revestimento interno da boca que descamam e ficam misturadas à saliva. É, então, comparado a uma base de dados de pessoas de todo o mundo, cuja criação foi possível a partir dos desdobramentos do Projeto Genoma Humano. Com a comparação, é possível determinar com grande precisão a origem geográfica de até oito gerações de antepassados daquela pessoa.

Com base na leitura do texto, converse com os colegas e o(a) professor(a) sobre a questão a seguir e anote suas reflexões no caderno.

1 **Como é possível identificar, por meio da coleta de células de uma pessoa, a origem geográfica de seus ancestrais?**

1. Resposta pessoal. Consulte as Orientações didáticas.

Reprodução do Livro do Estudante em tamanho reduzido.

Orientações didáticas

Sugerimos que inicie o tema relembrando que o DNA é um dos ácidos nucleicos que pode ser encontrado no interior ou no exterior das células. O teste de DNA, também conhecido como impressão digital genética, apresenta resultados com grande grau de confiabilidade, ultrapassando os 99,9% de certeza.

Prossiga explicando que amostras de DNA podem ser obtidas por meio de pelos, cabelos, pedaços de pele, saliva, esperma, entre outras opções, além do sangue. Depois da obtenção das amostras, é realizado o isolamento do DNA utilizando enzimas de restrição. Na sequência, o DNA é fragmentado, ou seja, separado em pedaços menores. Esses pequenos pedaços são separados por um processo que utiliza corrente elétrica, conhecido como eletroforese. Após esse processo, um equipamento que utiliza luz ultravioleta e corante traduz as imagens do DNA para que possam ser observadas, analisadas e estudadas pelos pesquisadores.

#Atividade complementar

Organize os estudantes em grupos e peça-lhes que pesquisem, em fontes confiáveis, os procedimentos para a realização de um teste de DNA e elaborem um infográfico digital ou em cartolina para apresentar para a turma.
Caso identifiquem palavras que não conheçam, peça que elaborem um glossário com elas e as utilizem em suas apresentações para a turma.

#Para interpretar

A atividade deste boxe oferece aos estudantes a oportunidade de desenvolver as habilidades de leitura, uma vez que demanda processos de compreensão e inferência de textos. Após a leitura do texto, peça aos estudantes que respondam à atividade no caderno e, depois, disponibilize um período para discutir a leitura e as respostas.

1. Resposta pessoal. Espera-se que os estudantes respondam que é possível comparar o material genético (DNA) da pessoa, presente no núcleo das células, ao DNA de pessoas cadastradas no banco mundial de dados em busca de semelhanças. Quanto mais o DNA da pessoa se assemelha ao predominante em alguma região do planeta, maiores as chances de ela ter descendência nessa região.

Orientações didáticas

Agora que os estudantes já conhecem vários aspectos sobre Biotecnologia, descrição e modificação genética, espera-se que eles sejam capazes de ampliar seus conhecimentos acerca do tema de forma mais autônoma e crítica. Peça-lhes que leiam o texto da página em casa e escrevam, com suas palavras, o que é aconselhamento genético. Oriente-os a, sempre que encontrarem um termo que não conheçam, pesquisar o significado em um dicionário ou em *sites* confiáveis. Na sala de aula, incentive os estudantes a compartilhar o texto que escreveram e os termos cujos significados pesquisaram. Esse encaminhando os direciona a um processo de aprendizagem ativo, por meio da **metodologia ativa** da sala de aula invertida.

Com base nos textos escritos pelos estudantes, promova uma discussão sobre o tema. Sugerimos que, durante essa atividade, você comente um caso real de como o aconselhamento genético beneficia o indivíduo e sua família.

Caso considere pertinente, leia o texto apresentado no boxe *#Para ler*, a seguir, para os estudantes.

Aconselhamento genético

O **aconselhamento genético** é uma área da Genética que, por meio de exames clínicos e genéticos e de análises do histórico familiar, identifica as chances de casais gerarem filhos com doenças genéticas graves. Diante da identificação de uma potencial doença, o casal pode ser orientado sobre os riscos e as formas de evitar ou prevenir que ela se manifeste. Com isso, a família pode se preparar para receber a criança e se familiarizar com os tratamentos possíveis e com as formas de garantir qualidade de vida a ela, caso venha a desenvolver a doença.

Esse aconselhamento pode ser realizado durante a gestação, após o diagnóstico de uma alteração genética no embrião, ou mesmo antes de ocorrer a gestação, quando a doença já existe em uma família.

Geralmente, o aconselhamento genético é feito para doenças hereditárias graves, que podem ter consequências sérias para as pessoas acometidas. Um exemplo é a síndrome muscular de Duchenne, uma doença degenerativa que ocasiona a perda progressiva da musculatura, levando o indivíduo à morte, comumente antes dos vinte anos.

O aconselhamento genético também pode ser realizado para pessoas adultas que têm casos de doenças genéticas graves na família. É possível, por exemplo, verificar se a pessoa apresenta genes que aumentam as chances de desenvolver determinados tipos de câncer. O desenvolvimento de uma forma hereditária rara de câncer de mama, por exemplo, está relacionado com a presença de mutações nos genes BRCA 1 e BRCA 2. Existe um teste genético que analisa especificamente esses genes no material genético de uma pessoa e, se mutações forem identificadas, ela pode decidir que medidas preventivas tomar e também rever seus hábitos de vida. Nesse caso, ter a forma alterada dos genes não significa necessariamente que a pessoa vai desenvolver câncer de mama, mas que ela tem maiores chances de que isso ocorra.

Esse tipo de teste ainda é caro e não é acessível para toda a população, mas, se for popularizado, pode ser uma maneira promissora de evitar o desenvolvimento de algumas doenças graves. É importante lembrar que o aconselhamento genético envolve questões éticas e deve, além de ser realizado de maneira detalhada para evitar erros, considerar questões de confidencialidade, pois impacta diretamente a vida das pessoas envolvidas.

#A ciência é feita por pessoas

Uma das pioneiras em aconselhamento genético no Brasil é a cientista Mayana Zatz (1947-), que trabalha no Departamento de Genética e Biologia Evolutiva associado à Universidade de São Paulo. Ela iniciou seu trabalho nessa área na década de 1970, voltando-se principalmente para famílias com casos de distrofia muscular de Duchenne.

Atualmente, ela também trabalha com aconselhamento genético de outras doenças e preside a Associação Brasileira de Distrofia Muscular, fundada por ela em 1981. Além disso, trabalha em defesa da pesquisa científica, do desenvolvimento de técnicas de Biotecnologia e Engenharia genética e das pesquisas com células-tronco.

Amanda Perobelli/Estadão Conteúdo

Mayana Zatz em seu laboratório no Centro de Pesquisas sobre o Genoma Humano e Células-Tronco da USP, São Paulo (SP), em 2017.

Reprodução do Livro do Estudante em tamanho reduzido.

#Para ler

Mapeamento genético descobre doenças anos antes de aparecerem. Entenda

[...]

Em 2013, a atriz Angelina Jolie fez um mapeamento genético, descobriu uma pré-disposição ao câncer de mama e fez uma dupla mastectomia, um procedimento radical, para evitar que a doença se desenvolvesse no futuro. [...] O exame faz o sequenciamento genético do paciente e procura por mutações e assinaturas genéticas de condições que só vão se manifestar no futuro.

[...]

"No caso do câncer de mama, por exemplo, a chance de uma pessoa ter a doença é de 8%, mas o risco nos pacientes que possuem uma mutação específica chega a 90%. Pesquisas indicam que menos da metade das mulheres que encontraram a mutação tinham histórico familiar, ou seja, não tinham como perceber as chances de desenvolver a doença" [...]

[...]

O exame é simples, e pode ser feito em qualquer adulto com mais de 18 anos – a recomendação é que seja executado o mais rápido possível. O paciente que colhe a própria amostra, com um *swab* que é passado 10 vezes em cada bochecha, e mergulhado em um líquido conservante. A partir dos resultados, a ideia é que os achados sejam conversados com um médico para determinar a necessidade de tratamento ou acompanhamento. [...]

CONTAIFER, J. Mapeamento genético descobre doenças anos antes de aparecerem. Entenda. *Metrópoles*, 7 fev. 2021. Disponível em: https://www.metropoles.com/saude/mapeamento-genetico-descobre-doencas-anos-antes-de-aparecerem-entenda. Acesso em: 31 maio 2022.

#A ciência é feita por pessoas

Recomendamos realizar a leitura do texto deste boxe com os estudantes e enfatizar a área de pesquisa da doutora Mayana Zatz e como seus estudos têm auxiliado os portadores de distrofia muscular e seus familiares. Você pode comentar também sobre a importância das mulheres na ciência, tomando como exemplo os estudos realizados pela doutora Mayana Zatz no Centro de Pesquisas sobre Genoma Humano e Células-Tronco da Universidade de São Paulo (USP).

#ATIVIDADES

NÃO ESCREVA NO LIVRO

Consulte as Orientações didáticas para respostas e comentários das atividades.

1. Os conhecimentos sistematizados sobre Genética são recentes, mas, por meio da observação da natureza, os seres humanos vêm aplicando conhecimentos de hereditariedade e até de Biotecnologia há milhares de anos. Sobre isso, responda:

a) Cite alguns exemplos de atividades humanas que são realizadas há milhares de anos e que envolvem o uso de seres vivos para resolver problemas.

b) Qual acontecimento marcou o início da Biotecnologia moderna, isto é, do desenvolvimento de técnicas de manipulação do material genético no interior das células?

2. Explique a diferença entre Engenharia genética e Biotecnologia.

3. Atualmente, a insulina produzida e comercializada para o uso de pessoas com diabetes é extraída de bactérias que receberam o gene humano que determina a produção desse hormônio. Sobre isso, responda:

3. a) Sim, pois elas receberam um gene de outra espécie, no caso, dos seres humanos, e passaram a produzir uma substância que não produziam originalmente.

a) Essas bactérias podem ser chamadas de transgênicas? Justifique sua resposta.

b) Quais foram os impactos gerados pelo uso dessas bactérias na produção de insulina sobre a vida de pacientes com diabetes?

3. b) A insulina se tornou mais barata e mais acessível. Consulte as Orientações didáticas.

4. O cultivo e a comercialização de alimentos transgênicos é um tema que pode gerar bastante discussão em relação aos impactos que esses produtos podem causar na saúde dos consumidores e no meio ambiente. Assim, a produção desses alimentos precisa seguir certas regras, como a aprovação na Comissão Técnica Nacional de Biossegurança (CTNBio). Escreva alguns argumentos favoráveis à fiscalização de produtos transgênicos antes de serem comercializados.

5. Uma pessoa estrangeira, em seus primeiros dias no Brasil, foi ao supermercado e identificou o símbolo reproduzido a seguir na embalagem de um alimento que estava comprando. Ela não entendeu o que ele significava e fez uma pesquisa na internet para buscar orientação.

Se você estivesse com ela, como explicaria o significado desse símbolo?

Daniel Cymbalista/Fotoarena

6. Imagine que uma planta produz grande quantidade de frutos, maiores do que a média do tamanho dos frutos de outras plantas da mesma espécie. Se essa planta for clonada e as condições ambientais (luz, água e sais minerais) forem mantidas, é possível afirmar que seus clones terão essas características? Por quê?

6. Sim, pois os clones apresentam material genético idêntico ao do organismo original. Assim, podem desenvolver as mesmas características sob condições ambientais semelhantes.

7. O que são as células-tronco?

7. São células que podem se diferenciar em outros tipos celulares presentes no corpo, como células musculares, ósseas e epiteliais.

Reprodução do Livro do Estudante em tamanho reduzido.

Orientações didáticas

O grupo de atividades presente nesta seção permite ampliar e desenvolver a habilidade EF09CI08.

Sugerimos que selecione alguns exercícios para que sejam feitos em sala de aula e outros em casa, com a ajuda da família ou de um responsável. Separe alguns minutos de sua próxima aula para realizar a correção dos exercícios e verificar possíveis defasagens de conteúdo. Caso julgue necessário, faça uma revisão dos conteúdos abordados até o momento.

#Atividades

1. a) Podem ser citados como exemplo: o uso de microrganismos para a produção de alimentos e bebidas, a seleção de plantas e animais para cruzamentos, entre outros.

b) A descrição da estrutura do DNA. Com os estudos que se desencadearam a partir disso, foi possível compreender com detalhes o comportamento de genes e cromossomos.

2. A Engenharia genética é um conjunto de técnicas que permitem a manipulação de genes com objetivos específicos e que podem ser usadas pela Biotecnologia, por meio de procedimentos relacionados à manipulação de seres vivos para fabricar ou modificar produtos.

3. a) A resposta à questão está no Livro do Estudante.

b) A resposta à questão está no Livro do Estudante. Foi possível produzir maior quantidade em menos tempo e com mais qualidade. Isso permitiu melhora na qualidade de vida dos pacientes com diabetes.

4. Resposta pessoal. Espera-se que os estudantes escrevam argumentos sobre a importância de investigar os impactos dos transgênicos na saúde, como: risco de alergias e problemas ambientais, o cruzamento com plantas nativas não transgênicas da mesma espécie, interações com outras espécies e questões ligadas à biodiversidade. Essa atividade permite o desenvolvimento da competência específica 4 de Ciências da Natureza.

5. Esse símbolo significa que, entre os ingredientes do alimento, são encontrados produtos transgênicos, ou seja, que apresentam manipulação genética. Assim, o consumidor pode optar por comprar ou não o alimento.

6 e **7.** As respostas às questões estão no Livro do Estudante.

Orientações didáticas

#Atividades

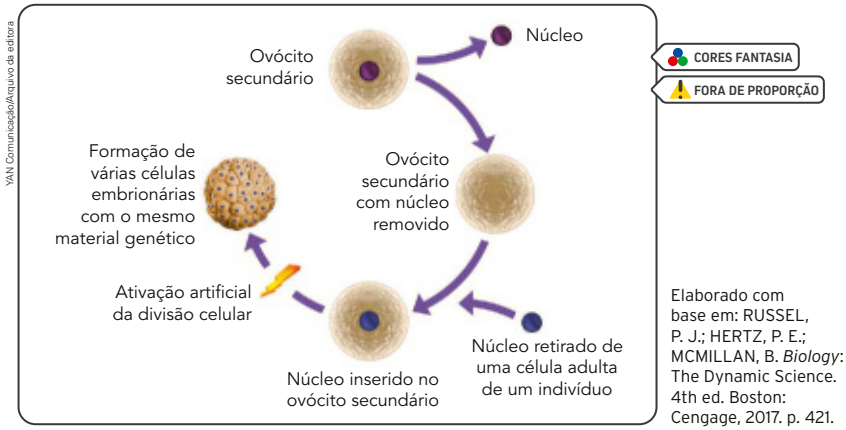
8. A partir das células formadas pela divisão celular do ovócito secundário, já com o núcleo da célula adulta, formam-se estágios anteriores à estrutura do embrião. No caso da clonagem reprodutiva, nessa fase, esse grupo de células é transplantado no útero de uma fêmea da mesma espécie para o desenvolvimento do embrião, formando um indivíduo completo, que é clone de outro. No caso da clonagem terapêutica, essas células são cultivadas em laboratório, sem formação do embrião, para desenvolvimento de tecidos que podem ser utilizados em transplantes para a pessoa da qual foi retirado o núcleo para a clonagem.

9. A resposta à atividade está no Livro do Estudante.

10. a) É possível comparar a amostra de DNA da pessoa desaparecida com a do possível familiar. O exame de DNA mostra as semelhanças entre os materiais genéticos dessas pessoas, o que pode comprovar ou não o parentesco.

b) A resposta à questão está no Livro do Estudante.

8. Observe na imagem a seguir, de forma simplificada, o processo de transplante nuclear que inicia um processo de clonagem.



Elaborado com base em: RUSSEL, P. J.; HERTZ, P. E.; MCMILLAN, B. *Biology*: The Dynamic Science. 4th ed. Boston: Cengage, 2017. p. 421.

A partir da etapa de transplante nuclear, podem ocorrer a clonagem reprodutiva e a clonagem terapêutica. Explique a diferença entre as duas técnicas e como elas se relacionam com o esquema mostrado anteriormente.

9. Sobre a terapia gênica, identifique as afirmativas corretas e as incorretas. Copie no caderno apenas a(s) afirmativa(s) correta(s).

a) Permite o desenvolvimento de um indivíduo idêntico a outro.

b) Permite a formação de células-tronco.

c) Permite a descrição do genoma dos seres humanos.

d) É realizada por meio da identificação, da substituição ou da inativação de alelos que causam doenças em uma pessoa.

9. A afirmativa que deve ser copiada é a **d**.

10. Leia o texto e responda às questões.

> Parece história de filme: um homem sumido há quase 30 anos foi achado em outra cidade e vivendo com outro nome, tudo por causa de um teste de DNA. [...] foi o primeiro caso de uma pessoa encontrada viva numa campanha nacional de coleta de material genético de familiares que buscam o paradeiro de parentes desaparecidos.
>
> Até agora, mais de 2,6 mil pessoas já cadastraram material genético no programa, que analisa dados de todos os estados.
>
> Os testes são gratuitos. Há postos de coleta espalhados pelo Brasil todo. Qualquer pessoa que deseja localizar um parente desaparecido pode ir até um posto e solicitar a coleta do DNA. São 229 postos no país.
>
> [...]

VEJA como funciona o rastreio de pessoas desaparecidas através do teste de DNA. *G1*, 13 set. 2021. Disponível em: https://g1.globo.com/fantastico/noticia/2021/09/13/veja-como-funciona-o-rastreio-de-pessoas-desaparecidas-atraves-do-teste-de-dna.ghtml. Acesso em: 5 mar. 2022.

a) Explique como o exame de DNA permite identificar se uma pessoa que estava desaparecida é familiar de outra.

b) De que maneira manter um banco de dados com o DNA de pessoas que procuram familiares desaparecidos pode ajudar a encontrá-las?

10. b) Com o DNA dessas pessoas cadastrado, é possível compará-lo ao de pessoas que não sabem o paradeiro de seus familiares. O grau de semelhança na sequência de nucleotídeos do DNA evidencia a relação de parentesco.

Reprodução do Livro do Estudante em tamanho reduzido.

CAPÍTULO 4

Conservação da biodiversidade

Petr Ganaj/Shutterstock

Nas últimas décadas, tem sido observado um declínio mundial das populações de diversas espécies de abelhas. Elas são fundamentais para a reprodução de muitas plantas, incluindo vegetais importantes para nossa sobrevivência.

Objetivos do capítulo

- Compreender a importância da preservação da biodiversidade e das unidades de conservação nesse processo.
- Discutir a importância da manutenção da biodiversidade para a continuidade da vida humana na Terra.
- Analisar a relação entre desenvolvimento sustentável e a conservação da biodiversidade.

Na BNCC

Habilidades: EF09CI12 e EF09CI13.

Em um ecossistema, há uma complexa rede de relações entre os seres que ali vivem, assim como entre os seres vivos e os outros fatores do ambiente.

Por meio da conservação da biodiversidade, as interações que mantêm os ecossistemas em equilíbrio são também preservadas. Esse equilíbrio é importante para todas as espécies, inclusive a nossa. A conservação da biodiversidade e sua importância são temas que vamos analisar neste capítulo.

NÃO ESCREVA NO LIVRO

#Para iniciar

- O que você acha que aconteceria se as populações de abelhas do mundo sumissem? Na sua opinião, por que é importante proteger espécies da extinção?
- Atualmente, quais são as principais ameaças à biodiversidade?

Respostas pessoais para mobilização dos conhecimentos prévios dos estudantes. Consulte as Orientações didáticas.

Reprodução do Livro do Estudante em tamanho reduzido.

#Para saber

Ameaça global às abelhas
A reportagem aborda um estudo sobre os impactos da extinção das abelhas e revela as principais causas.
Disponível em: https://istoe.com.br/a-ameaca-global-as-abelhas/.

De onde vem o que eu como: extinção das abelhas pode definir o futuro da alimentação
A reportagem informa os principais alimentos que teriam sua produção afetada devido ao declínio das populações de abelhas.
Disponível em: https://g1.globo.com/economia/agronegocios/agro-a-industria-riqueza-do-brasil/noticia/2021/11/02/de-onde-vem-o-que-eu-como-extincao-das-abelhas-pode-definir-o-futuro-da-alimentacao.ghtml.
Acesso em: 25 maio 2022.

Orientações didáticas

Para iniciar o trabalho com este capítulo, sugerimos que peça aos estudantes que observem a imagem de abertura. Questione-os sobre a relação entre os seres vivos observados. O objetivo da abordagem é de que, por meio do exemplo da relação entre a abelha e a planta, os estudantes identifiquem as interações entre as espécies de seres vivos e sua importância. Por meio dessa reflexão e do estudo dos tópicos abordados ao longo do capítulo, esperamos que os estudantes compreendam que a manutenção da biodiversidade é fundamental para a vida na Terra.

Para verificar os conhecimentos prévios dos estudantes e introduzir o tema tratado, sugerimos que seja estimulada a discussão das perguntas do boxe *#Para iniciar*. Pode-se também apresentar a eles manchetes de reportagens comentando o declínio das populações de abelhas e suas consequências. Algumas foram recomendadas no boxe *#Para saber +*. No entanto, é importante não limitar essa abordagem à questão da redução da disponibilidade de alimentos para os seres humanos, deve-se abordar também a importância para a natureza como um todo, contemplando também a propagação das espécies de plantas pelas sementes.

#Para iniciar

Este boxe tem o objetivo de auxiliá-lo (a) na identificação dos conhecimentos prévios, das habilidades, das atitudes e dos valores dos estudantes. Por isso, sugerimos que eles realizem o registro de suas respostas iniciais no caderno, a fim de que possam ser retomadas e revistas no final do capítulo. Isso contribuirá para que se conscientizem do desenvolvimento de suas aprendizagens e da construção do seu conhecimento.

- Espera-se que os estudantes reflitam sobre a importância da polinização em diversos aspectos e sobre os efeitos da exclusão de uma espécie que se relaciona com outras no ambiente.
- Espera-se que os estudantes citem o desmatamento, o aquecimento global, as queimadas, a pesca predatória, a contaminação dos ambientes com substâncias tóxicas, etc.

Orientações didáticas

Neste momento, podem-se retomar as ideias de que a preservação da biodiversidade depende também das condições abióticas e a variação dessas condições pode favorecer ou desfavorecer o desenvolvimento de determinados seres vivos. Um exemplo que pode ser comentado é a comparação da biodiversidade das regiões tropicais e das regiões polares ou de desertos. Por meio da análise desses ambientes, os estudantes podem identificar como condições ambientais mais extremas podem impactar o desenvolvimento de espécies.

É importante também auxiliá-los a perceber que os seres humanos estão inseridos nas complexas relações que se estabelecem entre fatores bióticos e abióticos do ecossistema. Para isso, você pode mostrar exemplos de cadeias ou teias alimentares em que o ser humano está envolvido, além de apresentar imagens com alterações na paisagem provocadas pelo ser humano: médicos veterinários ajudando animais, pessoas contribuindo para o reflorestamento de áreas desmatadas, brigadistas e bombeiros combatendo incêndios nas florestas, entre outras.

Biodiversidade e a dinâmica do planeta

Como estudamos no início desta unidade, a biodiversidade corresponde à variedade da vida na Terra, o que envolve não apenas a diversidade de seres vivos, mas também as relações das quais eles participam, as informações genéticas dos indivíduos de uma população, entre outros fatores. Para o estudo deste capítulo, vamos considerar um aspecto da biodiversidade: a riqueza de espécies de um local ou de todo o planeta.

Algumas regiões, como as tropicais, têm condições ambientais mais propícias a uma maior biodiversidade. Já em ambientes como os desertos a biodiversidade tende a ser menor. No entanto, independentemente do número de espécies, em cada ambiente os seres vivos interagem entre si e com os fatores não vivos, em uma complexa rede de relações. Esse conjunto de interações mantém o equilíbrio de um ecossistema.

Os seres vivos trocam, todo o tempo, substâncias com o ambiente: ingerindo alimentos e água, utilizando gás (como o oxigênio) na respiração e eliminando resíduos, como fezes, urina e outros. Essas trocas interferem nos ciclos naturais de materiais presentes no ambiente, influenciando, por exemplo, a fertilidade do solo, a composição da água de um rio ou mar, entre outros fatores. Além disso, por meio das cadeias alimentares, as populações e a disponibilidade de recursos naturais são mantidas em equilíbrio. Nós, seres humanos, também estamos inseridos no ambiente e participamos dessa rede de interações.

Fabio Colombini/Acervo do fotógrafo

Jens Otte/Shutterstock

Os seres vivos estão constantemente trocando substâncias com o ambiente, como quando tomam água ou eliminam resíduos, como fezes, que enriquecem o solo e a água com nutrientes. Na fotografia à esquerda, um veado-mateiro (*Mazama americana*, mede cerca de 1,20 m de comprimento) bebendo água em lagoa no Pantanal (MT). À direita, cormorões ou corvos-marinhos (*Leucocarbo bougainvillii*, medem cerca de 85 cm de comprimento) sobre rochas recobertas de guano, adubo resultante das fezes dessas aves aquáticas, no Parque Nacional de Paracas, no Peru.

A biodiversidade se formou no planeta no decorrer de bilhões de anos por meio dos processos evolutivos. Desde que a vida se estabeleceu na Terra, o ambiente passou por diversas mudanças. Muitas espécies surgiram, por especiação, e muitas espécies deixaram de existir, em um processo chamado de **extinção**.

Reprodução do Livro do Estudante em tamanho reduzido.

Em muitos casos, essas extinções acontecem de forma natural por meio de catástrofes ambientais, como erupções de vulcões, terremotos, glaciações, tempestades. As extinções também ocorrem naturalmente devido à competição por recursos do ambiente com outras espécies. Em alguns momentos da história da Terra, ocorreram grandes extinções, com o desaparecimento de um significativo número de espécies em um período relativamente curto. A grande extinção mais recente aconteceu há cerca de 65 milhões de anos, muito antes da existência dos seres humanos, e levou ao desaparecimento de muitas plantas e animais, como os dinossauros.

As extinções de espécies ocorreram e continuam ocorrendo, agora muitas vezes decorrentes de atividades humanas, como a caça ou o desmatamento. Um exemplo é o dos araus-gigantes, aves que viviam em locais específicos do hemisfério norte, mas que foram caçadas para alimentação e outros usos e acabaram sendo extintas.

Representação dos araus-gigantes (*Pinguinus impennis*, mediam cerca de 80 cm de comprimento). O último casal dessa espécie foi morto em 1844. Gravura a água-forte, de John James Audubon (1785-1851), datada de 1835-1838.

A lista de espécies extintas devido às atividades humanas é grande. Para termos uma ideia, especialistas calculam que, atualmente, a perda de espécies pode ser entre 1000 e 10000 vezes mais intensa do que se as extinções ocorressem em um ritmo natural, ou seja, sem a influência de atividades humanas. Precisamos considerar também que os cientistas conhecem apenas uma parte da biodiversidade, o que dificulta os cálculos de quantas espécies estão desaparecendo. O ritmo atual de extinções, considerado muito rápido, impossibilita a recuperação dos ecossistemas dos quais as espécies extintas fazem parte e, consequentemente, ameaça toda a diversidade deles.

Biodiversidade e as atividades humanas

Desde o início de sua existência, os seres humanos interagem com outras espécies e com o ambiente para a obtenção de recursos. Com o grande aumento da população humana e o intenso desenvolvimento econômico no decorrer do tempo, o uso desses recursos foi ficando mais intenso. Diversos **recursos naturais**, como os minérios e o petróleo, vêm sendo explorados em uma velocidade muito maior do que aquela com que a natureza é capaz de repor.

As ações **antrópicas** são, então, responsáveis por diversos problemas ambientais, entre eles a diminuição da biodiversidade, que ameaça, inclusive, a própria sobrevivência dos seres humanos, que dependem de recursos naturais.

Atualmente, a perda da biodiversidade ocorre principalmente em decorrência da **perda de *habitat***, isto é, da destruição de ambientes nos quais os seres vivos se abrigam, se reproduzem e obtêm seu alimento. Esse processo ocorre, por exemplo, por meio de queimadas, do desmatamento e da poluição da água ou do solo por produtos químicos. Quando uma área é impactada por ações como essas, centenas

Recursos naturais: fatores ou materiais extraídos da natureza e transformados para serem utilizados em atividades humanas. São exemplos a água, o solo, as árvores, o vento, as rochas, os metais (como o alumínio), entre outros.

Antrópicas: resultantes de atividades humanas.

Reprodução do Livro do Estudante em tamanho reduzido.

Orientações didáticas

Continuando a abordagem deste tópico, sugerimos que comente com os estudantes os principais eventos que levam à extinção de espécies. Você pode propor aos estudantes que anotem no quadro as atividades humanas ou mesmo os fenômenos naturais que eles imaginam que podem contribuir para a extinção das espécies. Após listar esses pontos, peça a eles que os separem em duas categorias: fenômenos naturais e eventos provocados pelo ser humano.

Após a classificação, corrija, caso necessário, e chame a atenção dos estudantes para os eventos provocados pelo ser humano. Questione-os sobre os motivos desses impactos gerados pelos seres humanos. Por exemplo, o desmatamento pode estar associado às expansões urbana e agropecuária, à mineração com a extração de minerais para produção de aparelhos eletrônicos e à extração de petróleo com a produção de combustíveis fósseis. Depois, leve-os a refletir acerca da possibilidade de promover o desenvolvimento sustentável de modo a equilibrar os desenvolvimentos social, econômico e ambiental. Peça-lhes que avaliem exemplos de cidades sustentáveis, alternativas ao uso de combustíveis fósseis, tecnologias para reduzir o risco de acidentes envolvendo mineradoras ou alternativas para causar menos impactos ambientais e promover a recuperação da área degradada.

Sugerimos que, após a discussão, apresente para os estudantes imagens de algumas espécies da fauna brasileira ameaçadas de extinção, estimulando que comentem se conhecem esses animais. Para isso, você pode consultar o *Livro Vermelho da Fauna Brasileira Ameaçada de Extinção*, publicado pelo Instituto Chico Mendes de Conservação da Biodiversidade (ICMBio). Nele, você também encontra gráficos que comparam as principais causas da redução da população de certos animais da fauna brasileira.

Orientações didáticas

Ao tratar da sobre-exploração, sugerimos que ressalte a importância de respeitar o tempo adequado para a reprodução e o desenvolvimento das espécies, a fim de minimizar os impactos às populações. Com relação às espécies exóticas, é importante desenvolver com os estudantes os conceitos de espécie endêmica, para que eles compreendam de forma mais abrangente os efeitos da perda de *habitat*, e de espécie exótica invasora. Para exemplificar esses conceitos, oriente-os a pesquisar exemplos de espécies endêmicas e de espécies exóticas invasoras. No Brasil, as espécies exóticas invasoras mais conhecidas são o javali, o coral-sol, o mexilhão-dourado e o caramujo-gigante-africano.

Depois, peça aos estudantes que se organizem em grupos, escolham uma das espécies levantadas nas pesquisas e elaborem um *podcast* ou um vídeo sobre os impactos causados por ela. O *podcast* pode ser apresentado para a turma e disponibilizado nas mídias digitais da escola, favorecendo sua aproximação com as **culturas juvenis**.

ou milhares de espécies que vivem ali são afetadas. Algumas dessas espécies podem não ser encontradas em nenhum outro lugar do mundo e podem ser extintas. Como estudamos, espécies ainda desconhecidas pelo ser humano podem passar por esse processo.

Outra das principais ameaças à biodiversidade é a **sobre-exploração** de espécies, ou seja, a retirada de indivíduos de uma espécie da natureza em quantidade superior à capacidade de reprodução dela. Com a redução das populações na natureza, a espécie pode ser ameaçada de extinção.

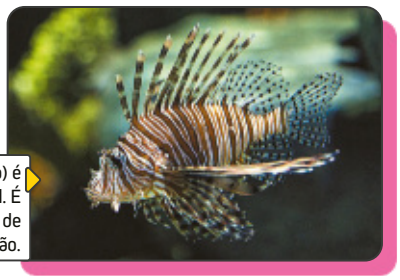
Mario Friedlander/Pulsar Imagens

Muitas espécies são prejudicadas pela perda de *habitat* causada pelo desmatamento. Na fotografia, área desmatada ao lado de mata nativa, em Nova Ubiratã (MT), 2021.

Pau BARRENA/AFP

A pesca industrial do atum está reduzindo cada vez mais suas populações nos oceanos. Algumas espécies de atum estão criticamente ameaçadas de extinção, ou seja, com grande risco de se tornarem extintas. Na fotografia, navio pesqueiro na Espanha, 2021.

Outro fator ligado à atividade humana e que contribui para a redução da biodiversidade é o deslocamento de espécies de um local para outro, no qual elas não existiriam naturalmente. Esse deslocamento pode ser intencional ou acidental, e as espécies introduzidas no novo local são chamadas de **espécies exóticas**. No ecossistema onde foram introduzidas, elas podem gerar problemas para as espécies nativas. Uma espécie exótica pode, por exemplo, ser predadora ou parasita de uma espécie nativa, ou competir com espécies nativas por alimentos ou abrigo. Em geral, por não terem predadores no ecossistema onde foram introduzidas, as espécies exóticas levam vantagem sobre as espécies nativas, podendo até mesmo levá-las à extinção.



Ismar Ingber/Pulsar Imagens

O peixe-leão (*Pterois volitans*, mede cerca de 45 cm de comprimento) é uma espécie exótica presente nos recifes de corais do litoral do Brasil. É uma ameaça porque não tem predadores, e se alimenta vorazmente de outros animais marinhos, incluindo aqueles que só existem nessa região.

Reprodução do Livro do Estudante em tamanho reduzido.

#Para ler

Espécies exóticas invasoras

[...]

Em virtude do potencial invasor e capacidade de excluir as espécies nativas, diretamente ou pela competição por recursos, as espécies exóticas invasoras podem transformar a estrutura e a composição dos ecossistemas, homogeneizando os ambientes e destruindo as características peculiares que a biodiversidade local proporciona. Por esse motivo, estão entre as principais causas diretas de perda de biodiversidade e extinção de espécies, juntamente com mudanças climáticas e perda de hábitat, sobre-exploração e poluição, fatores com os quais podem ter efeitos negativos sinérgicos.

De acordo com a Convenção sobre Diversidade Biológica (CDB), espécie exótica é toda espécie que se encontra fora de sua área de distribuição natural. Espécie exótica invasora, por sua vez, é definida como sendo aquela que ameaça ecossistemas, hábitats ou espécies.

Os prejuízos e custos da prevenção, controle e erradicação de espécies exóticas invasoras indicam que os danos para o meio ambiente e para a economia são significativos. Neste contexto, levantamentos realizados nos Estados Unidos da América, Reino Unido, Austrália, África do Sul, Índia e Brasil atestam que as perdas econômicas anuais decorrentes das invasões biológicas nas culturas, pastagens e nas áreas de florestas ultrapassam os 336 bilhões de dólares.

[...]

BRASIL. Ministério do Meio Ambiente. *Espécies exóticas invasoras*. Brasília, DF: Ministério do Meio Ambiente. Disponível em: https://antigo.mma.gov.br/calendario/item/7501-esp%C3%A9cies-ex%C3%B3ticas-invasoras.html. Acesso em: 25 maio 2022.

#Para interpretar

NÃO ESCREVA NO LIVRO

“[...] Para se espalhar pelos ambientes, [organismos de uma espécie] precisam deslizar, nadar, trotar, arrastar-se ou lançar suas sementes ao vento. Com tempo suficiente, mesmo um organismo que julgamos imóvel, como um fungo, pode se dispersar amplamente. Mas essa dispersão tem limites, por exemplo, oceanos são intransponíveis para a maioria das espécies. Mesmo um rio, uma cordilheira ou um grande lago podem ser obstáculos que mantêm as espécies separadas em seus ambientes de origem.

Helissa Grundemann/Shutterstock

Mexilhão-dourado (*Limnoperna fortunei*), um molusco aquático que, em sua forma adulta, se fixa a um substrato. Presente na água coletada para estabilizar navios, essa espécie asiática se espalhou por rios da América do Sul. A fotografia foi tirada na barragem de um rio em Uruguaiana (RS), data da fotografia não disponível.

No entanto, de forma lenta, junto à construção das estradas no início da migração humana e de maneira mais acelerada a partir das navegações e viagens de avião, as espécies passaram a ser transportadas através desses obstáculos, se misturando de uma maneira que nunca havia acontecido antes. Um só navio-tanque (ou, aliás, um só avião de passageiros) pode romper com milhões de anos de separação geográfica. Isso ocorre ao ponto de, em algumas partes do mundo, plantas exóticas superarem as plantas nativas em quantidade.

Muitas das espécies transportadas não sobrevivem por não resistirem às condições ambientais, serem predadas por outros organismos ou outros fatores, mas, se elas sobrevivem e proliferam, podem se tornar problemas para a biodiversidade. [...]”

Elaborado com base em: KOLBERT, E. *A sexta extinção*: uma história não natural. Tradução de Mauro Pinheiro. Rio de Janeiro: Intrínseca, 2015.

1 **No texto afirma-se: “Um só navio-tanque (ou, aliás, um só avião de passageiros) pode romper com milhões de anos de separação geográfica.”. Explique como você compreendeu essa afirmação, dando um exemplo hipotético de como uma espécie poderia ser transportada em um navio ou avião.**

2 **Atualmente, nas regiões de fronteira entre os países, em portos e aeroportos, existem sistemas de fiscalização para evitar o transporte de sementes, alimentos derivados de animais e outras situações que podem levar à entrada de espécies de seres vivos nos países sem controle e autorização. Pesquise e explique a importância dessa fiscalização para a conservação da biodiversidade de um território e para a saúde dos seres humanos.**

1. e **2.** Resposta pessoal. Consulte as Orientações didáticas.

Reprodução do Livro do Estudante em tamanho reduzido.

#Atividade complementar

Conhecendo ameaças à biodiversidade

A atividade busca tratar de forma mais aprofundada a questão das espécies exóticas invasoras como ameaça à biodiversidade por meio de uma árvore de problemas.

Desenhe uma árvore no quadro de giz e coloque no tronco da árvore o problema central: introdução de espécies exóticas invasoras. Peça aos estudantes que escrevam as principais causas do problema na região da raiz da árvore e, na região das folhas, as principais consequências. Após construir a árvore, organize os estudantes em grupos para que eles possam buscar, com base em fontes confiáveis, possíveis soluções para o problema. Por fim, solicite que desenvolvam uma ferramenta de divulgação das informações e soluções propostas, podem ser vídeos, *podcasts*, panfletos, entre outras, estimulando os estudantes a usar sua criatividade. Essa atividade favorece o trabalho com o **pensamento computacional** ao usar a decomposição para resolver um problema complexo.

Orientações didáticas

O texto do boxe *#Para interpretar* tem o objetivo de discutir a introdução das espécies exóticas em novos ambientes. Além dos exemplos citados no texto, comente com os estudantes que a introdução de espécies exóticas pode se dar por meio do tráfico ilegal, por meio da água de lastro de navios, bioincrustação (acúmulo de organismos em estruturas de embarcações) soltura ou abandono de animais em ambientes diferentes do *habitat* original.

#Para interpretar

As atividades deste boxe oferecem aos estudantes a oportunidade de desenvolver as habilidades de leitura, uma vez que demandam processos de compreensão e inferência de textos. Após a leitura do texto, peça aos estudantes que respondam às atividades no caderno e, depois, disponibilize um período para discutir a leitura e as respostas.

1. É possível que os estudantes comentem espécies macroscópicas, porém é interessante que percebam que mesmo espécies que não conseguimos ver podem ser transportadas de um ambiente ao outro. Um exemplo seria o transporte de um alimento contendo esporos de fungos de uma determinada espécie de um local a outro por navio ou avião. Mesmo sem saber, a pessoa que transporta esse alimento pode causar a dispersão de esporos do fungo para um novo ambiente, distante daquele onde a espécie ocorre naturalmente.

2. Espera-se que os estudantes identifiquem que as fiscalizações evitam que espécies sejam levadas de um país ao outro e se instalem em um ecossistema local, tornando-se espécies exóticas invasoras. Essas espécies podem, além de competir com as espécies nativas por recursos, se tornar pragas agrícolas ou causar doenças aos seres humanos.

#Para saber

Estratégia nacional para espécies exóticas invasoras

Documento oficial do ICMBio que discute a implementação de estratégias para controle e prevenção de espécies exóticas invasoras.

Disponível em: http://www.ibama.gov.br/phocadownload/biodiversidade/especies-exoticas-invasoras/2019/2019-Estrategia_Especies_Exoticas_Invasoras_folder_v2.pdf. Acesso em: 10 maio 2022.

Orientações didáticas

Sugerimos iniciar a reflexão sobre a proteção da biodiversidade retomando com os estudantes o questionamento do início do capítulo sobre como a vida das espécies do planeta seria afetada hoje se os polinizadores fossem extintos. Caso haja alguma situação socioambiental de relevância para a comunidade em que você atua dentro da temática abordada, você pode aproveitar para discuti-la com os estudantes. Incentive-os a refletir sobre as consequências dela para os seres humanos e também para outros seres vivos. Para isso, comente os serviços ecossistêmicos, que são os benefícios gerados pela natureza e essenciais para a sobrevivência humana e para o desenvolvimento de atividades econômicas. Para aprofundar esse assunto, consulte o boxe *#Para saber +*.

#A ciência é feita por pessoas

Recomendamos que peça aos estudantes que façam uma pesquisa sobre Rachel Carson e os efeitos do agrotóxico DDT para animais e seres humanos. Aproveite para discutir conceitos relacionados ao processo de biomagnificação, considerando os efeitos de poluentes ao longo da cadeia alimentar, e discuta também a presença feminina em carreiras científicas. A discussão da pesquisa desenvolvida por Rachel Carson amplia o trabalho com o Tema Contemporâneo Transversal Ciência e Tecnologia e o desenvolvimento da competência específica 4 de Ciências da Natureza.

#Para saber +

How one scientist took on the Chemical industry (Como uma cientista confrontou a indústria química)
O vídeo, com cerca de 5 minutos de duração, conta a história de Rachel Carson e apresenta os impactos do seu trabalho para alertar as pessoas sobre como as ações humanas ameaçam o equilíbrio da natureza. O vídeo está disponível em inglês, mas é possível acessar a legenda em português. Disponível em: https://youtu.be/ezVEzCmiXM4. Acesso em: 21 jun. 2022.

Ser tão velho Cerrado. André D'Elia, 2018. Duração: 123 min.
O documentário aponta e discute as principais ameaças do Cerrado brasileiro e a importância da sua conservação.

#Proteção da biodiversidade

Por muito tempo as questões ambientais não foram uma grande preocupação dos cientistas ou da sociedade. No entanto, a partir do século XIX, surgiu a compreensão de que os seres humanos dependiam da conservação do ambiente e da biodiversidade para manter a própria sobrevivência.

Diante da constatação de que diversos ambientes já haviam sido degradados e de que a biodiversidade vinha se reduzindo em grande velocidade, tanto local quanto globalmente, foi necessário pensar e estabelecer medidas de proteção. Elas foram sendo aplicadas de modo gradativo e de forma diferente nos países por todo o mundo. Além disso, as pesquisas relacionadas à conservação de espécies e de ecossistemas tornaram-se cada vez mais importantes, e há muitos estudos sendo conduzidos para o planejamento, a execução e a avaliação de estratégias de proteção da biodiversidade.

Entre as principais medidas atuais para preservar a biodiversidade estão o combate ao **desmatamento ilegal**, incluindo aquele feito por queimadas, por meio do estabelecimento de legislações e da fiscalização. A regulação e a fiscalização de atividades de pesca e de criação de animais também são medidas importantes, pois essas atividades devem ser feitas de modo que não ameacem a sobrevivência da fauna silvestre.

Outra medida é o combate à **biopirataria**, que é o transporte ilegal de espécies de plantas, animais e outros organismos do território de um país a outro, para serem usados no desenvolvimento de cosméticos, medicamentos e outros produtos. O controle nas áreas de fronteira entre países, as legislações e a fiscalização ajudam a impedir esse processo. Além de proteger a biodiversidade de um país, o combate à biopirataria preserva os conhecimentos que as comunidades locais têm sobre o ambiente em que vivem.

A fiscalização do descarte de resíduos no ambiente também é importante porque ajuda a evitar a contaminação do solo e da água, o que compromete os ambientes e a diversidade de seres que ali vivem.

Outra estratégia implantada para a conservação de ecossistemas foi o estabelecimento de áreas protegidas. Nessas áreas, além da preservação da biodiversidade e da manutenção do equilíbrio ambiental, é permitida, dependendo do tipo de área protegida, a preservação dos hábitos de vida das comunidades locais e tradicionais.

Munique Bassol/Pulsar Imagens

Da seringueira, é extraído o látex, com o qual se faz a borracha. O Brasil era um dos únicos produtores do látex em 1870. Naquela época, mudas de seringueira foram enviadas por biopirataria para a Malásia, que, em alguns anos, superou o Brasil no comércio de látex. Olímpia (SP), 2020.

#A ciência é feita por pessoas

A ideia moderna de conservação dos ambientes e da biodiversidade surgiu de maneira aprofundada a partir da publicação do livro *Primavera silenciosa*, resultado de uma ampla pesquisa realizada pela bióloga, escritora e cientista estadunidense Rachel Carson (1907-1964). No livro, Carson relata a morte de espécies de pássaros em uma grande região dos Estados Unidos devido ao uso de um agrotóxico que, atualmente, é proibido na maioria dos países.

Por meio desse livro, Rachel Carson estimulou a discussão sobre a importância da preservação ambiental e foram criados órgãos nos Estados Unidos para fiscalizar e regular o uso de produtos como agrotóxicos em plantações, bem como a exploração de recursos naturais. A partir de então, essa discussão se estendeu para diversos países.

Reprodução do Livro do Estudante em tamanho reduzido.

#Atividade complementar

Por que proteger a biodiversidade?
Sugerimos uma atividade complementar para sensibilizar os estudantes sobre a necessidade de proteger a biodiversidade. Para isso, recomendamos o uso da **metodologia ativa** do estudo de caso, na qual os estudantes podem trabalhar uma ou mais situações como:
1. Tragédias de Mariana (2015) e Brumadinho (2019) envolvendo a mineração;
2. Queimadas e desmatamento na Amazônia;
3. Transposição do Rio São Francisco;
4. Construção de hidrelétricas (ex: Belo Monte);
5. Vazamento de petróleo no litoral brasileiro;
6. Expansão urbana nas regiões de Mata Atlântica;
7. Expansão agropecuária nas regiões de Cerrado.

Ao escolher a situação a ser trabalhada com a turma, selecione reportagens, imagens e vídeos que possam introduzir e apresentar o contexto para os estudantes sobre o tema. Oriente-os a pesquisar os principais impactos ambientais decorrentes da situação escolhida. Ao relatar esses impactos, peça que destaquem os serviços ecossistêmicos que estão sendo ameaçados por cada situação. Discuta os resultados encontrados pelos estudantes e proponha que, individualmente, escrevam um parágrafo respondendo à questão: Por que devemos proteger a biodiversidade?

Unidades de conservação

Entre as medidas para a conservação dos ambientes e da biodiversidade está o estabelecimento de áreas protegidas. Essas áreas são chamadas no Brasil de **unidades de conservação** (**UCs**) e são determinadas pelo poder público municipal, estadual ou federal por meio de legislação específica. O conjunto das normas que regem o estabelecimento e a administração das unidades de conservação constitui o Sistema Nacional de Unidades de Conservação (Snuc). As unidades de conservação podem ser definidas como áreas naturais com restrições de uso, seguindo regulamentações e sendo protegidas por leis.

O estabelecimento dessas áreas tem como principal objetivo a conservação e a valorização dos recursos naturais. As unidades de conservação garantem a manutenção dos *habitat* de diversas espécies, assegurando que os seres que ali vivem tenham alimento, abrigo e condições para a reprodução. Desse modo, além da diversidade biológica, são preservados os diferentes ecossistemas de uma região. As unidades de conservação também ajudam a manter o equilíbrio climático do planeta, que se relaciona ao equilíbrio dos diversos ecossistemas, além de garantir que populações humanas tradicionais, como ribeirinhos, quilombolas e indígenas, desenvolvam suas atividades de maneira sustentável.

O Parque Nacional de Itatiaia, no estado do Rio de Janeiro, foi uma das primeiras unidades de conservação criadas no Brasil, em 1937. A partir de então, muitas outras foram criadas.

Fábio Colombini/Acervo do fotógrafo

Vista do Parque Nacional de Itatiaia, uma das unidades de conservação mais antigas do Brasil, no Rio de Janeiro (RJ). Trata-se de uma importante área de preservação do ambiente e da biodiversidade. Fotografia de 2021.

Atualmente, as unidades de conservação são classificadas em dois grupos:

- **unidades de conservação de proteção integral** – nessas áreas, são proibidas quaisquer atividades de exploração econômica ou de consumo dos recursos naturais e dos seres vivos. Seres humanos não podem habitá-las; são liberadas apenas para fins de pesquisa científica e atividades educativas;
- **unidades de conservação de uso sustentável** – nessas áreas, são permitidos o estabelecimento de comunidades tradicionais e a exploração econômica de recursos naturais, desde que realizada dentro de determinadas normas de planejamento e sustentabilidade, ou seja, deve ser economicamente viável, justa para as populações locais e respeitar o tempo de restituição dos recursos naturais. Essas atividades podem envolver a extração de frutos de plantas nativas, pequenas áreas de agricultura familiar ou a pesca artesanal, por exemplo.

Dentro dessas categorias, existem diferentes tipos de unidades de conservação, estabelecidos pelo Instituto Chico Mendes de Conservação da Biodiversidade (ICMBio), um órgão governamental que tem a responsabilidade de gerenciar as UCs, fiscalizando as que já existem e avaliando a necessidade de criar novas áreas protegidas.

Reprodução do Livro do Estudante em tamanho reduzido.

Orientações didáticas

A abordagem sobre as unidades de conservação (UCs) tem como objetivo principal levar os estudantes a compreender a sua importância para a preservação da biodiversidade e das populações tradicionais do país, favorecendo o desenvolvimento da habilidade EF09CI12.

Neste momento, é oportuno diferenciar os conceitos de conservação e preservação. Estes dois termos são representantes de duas correntes ideológicas distintas relacionadas à interação entre os seres humanos e o ambiente. O conceito de preservação considera que as áreas devem ser preservadas sem a interferência dos seres humanos e suas atividades. Seu maior idealizador foi John Muir (1838-1914), que defendia que a natureza existe muito antes da ocupação humana e assim deve permanecer. O conceito de conservação, por sua vez, considera que as áreas naturais podem ser conservadas com a presença humana, desde que seja empregado o manejo sustentável dos recursos naturais, ou seja, desde que sejam tomadas medidas para que os recursos naturais sejam utilizados de maneira sustentável, havendo tempo para que sejam repostos sem alterar o equilíbrio do ambiente.

Desse modo, sugerimos inicialmente apresentar aos estudantes os principais órgãos governamentais relacionados ao meio ambiente, como o Instituto Brasileiro do Meio Ambiente e Recursos Naturais Renováveis (Ibama), o ICMBio e os órgãos do estado ou município em que você atua. Diferencie as atribuições de cada órgão: o Ibama é um órgão que desempenha funções associadas à execução e à fiscalização das políticas nacionais ambientais, já o ICMBio é responsável por gerir unidades de conservação.

Questione os estudantes sobre a necessidade da existência de unidades de conservação e diferencie as UCs de proteção integral das de uso sustentável. A construção de uma tabela pode facilitar a comparação. Você pode orientar que a tabela indique se são permitidos a entrada de pessoas, o desenvolvimento de pesquisas científicas ou educacionais e de atividades econômicas. Por fim, peça aos estudantes que pesquisem informações sobre alguma UC próxima da região em que moram. Se possível, organize uma saída de campo para essa UC com o objetivo de que eles avaliem sua importância para a conservação da biodiversidade e dos costumes de comunidades tradicionais.

Comente com os estudantes que o Ministério do Meio Ambiente determina que, após a criação de uma UC, seja elaborado um plano de manejo que tem como objetivo estabelecer normas e restrições para uso, bem como implementar ações que contribuem para a preservação dos recursos naturais. Esse plano é elaborado com base em estudos científicos que consideram fatores bióticos e abióticos do ecossistema e fatores sociais.

Orientações didáticas

Sugerimos que discuta com os estudantes por que em algumas categorias de UCs a visitação de seres humanos é mais restrita. Para orientar essa discussão, faça reflexões, por exemplo, sobre o estado do ambiente da sala de aula após o final das aulas em termos de sujeira e organização ou sobre o ambiente que os estudantes usam para lanchar. Se possível, peça a eles que tirem fotos desses espaços antes e depois das aulas ou do recreio e comparem esses momentos quanto à limpeza e à organização do ambiente.

Podem-se também utilizar como exemplo regiões do Brasil e do mundo em que, durante as ações de isolamento social da pandemia de covid-19, a fauna retornou para espaços de parques, bosques e praças onde antes não era observada. A proposta dessa reflexão é fazer com que os estudantes percebam que as atividades humanas, mesmo as de recreação ou o simples deslocamento das pessoas, interferem de alguma forma no ambiente – com sons ou odores –, podendo afugentar espécies. Após essa discussão, recomendamos que questione se eles concordam ou não com esse tipo de restrição apresentando argumentos para sustentar o seu posicionamento.

Recomendamos que também se discuta a importância de preservar ambientes marinhos. Para isso, você pode dar um exemplo da reserva biológica do Atol das Rocas, primeira UC marinha do Brasil.

Unidades de conservação de proteção integral

Na maioria das unidades de conservação de proteção integral, não são permitidas atividades relacionadas a qualquer tipo de uso dos recursos naturais. Entre elas, existem cinco categorias.

Estações Ecológicas

São chamadas de Estações Ecológicas as áreas em que os objetivos principais são preservar os ecossistemas e permitir a realização de pesquisas científicas. Mesmo assim, pesquisadores que queiram entrar nessas áreas e realizar observações e coletas devem seguir regulamentos e ser autorizados pelos órgãos ambientais responsáveis. A visitação de pessoas é permitida apenas se tiver objetivo educacional.

Luciano Queiroz/Pulsar Imagens

Cachoeira do Lajeado, na Estação Ecológica da Serra Geral do Tocantins, criada em 2001. Uma grande área do Cerrado brasileiro é protegida por essa UC. Fotografia de 2019.

Reservas Biológicas

São classificadas como Reservas Biológicas as áreas que apresentam como objetivo a preservação da biodiversidade, sendo proibida a interferência de seres humanos ou qualquer alteração do ambiente. Assim, são permitidas apenas visitas para fins de pesquisas científicas e educacionais, sendo necessária também a autorização de órgãos ambientais responsáveis.

Nessas áreas, também é possível realizar a restauração da vegetação original, caso haja regiões dentro da Reserva Biológica que tenham sofrido degradação no passado.

Adriano Kirihara/Pulsar Imagens

A Reserva Biológica Municipal da Serra do Japi, em Jundiaí (SP), protege uma área de Mata Atlântica com grande biodiversidade. Fotografia de 2020.

Parques Nacionais

Nos Parques Nacionais são autorizadas somente atividades educativas, turismo ecológico e pesquisas científicas, sempre com autorização prévia e seguindo normas estabelecidas pelos órgãos ambientais. O objetivo principal dos Parques Nacionais é a preservação dos ecossistemas de grande relevância por sua biodiversidade, seus recursos naturais e sua beleza natural.

Grande parte deles apresenta atividades de turismo que devem ser desenvolvidas com guias, de forma regulamentada e protegendo o ecossistema e a biodiversidade.

Alex Tauber/Pulsar Imagens

O Parque Nacional dos Lençóis Maranhenses, localizado no litoral do Maranhão, apresenta grande beleza natural, com as lagoas de água da chuva que se formam entre as dunas. Fotografia de 2020.

Reprodução do Livro do Estudante em tamanho reduzido.

#Estude

Por que Parques Nacionais existem?

Disponível em: https://www.youtube.com/watch?v=Zrci-pEKCr8. Acesso em: 21 fev. 2022.

No vídeo, o pesquisador Miguel Milano explica como se deu a formação dos primeiros Parques Nacionais no mundo e no Brasil, bem como a importância dessas UCs e outros fatores relacionados a elas.

Monumentos Naturais

São classificadas como Monumentos Naturais áreas de características raras ou de grande beleza natural, por exemplo uma cachoeira, uma rocha, uma caverna ou um cânion. Essas áreas podem ser visitadas, desde que sejam respeitadas regras estabelecidas pelos órgãos ambientais. Podem ocorrer em áreas particulares, mas o proprietário tem de obedecer às normas de preservação dos monumentos em sua propriedade.

Tales Azzi/Pulsar Imagens

Monumento Natural da Gruta do Lago Azul, localizado no município de Bonito (MS) e regulamentado em 1978. Ele é composto de duas cavernas que apresentam formações rochosas frágeis e únicas. Fotografia de 2019.

Refúgios de Vida Silvestre

Os Refúgios de Vida Silvestre apresentam como principal objetivo conservar áreas de reprodução e sobrevivência de espécies locais ou migratórias. No caso das espécies locais, elas geralmente são **endêmicas**, ou seja, existem somente nessas áreas, de forma natural, e em nenhum outro lugar do mundo.

Um exemplo desse tipo de UC é o Refúgio da Vida Silvestre da Mata dos Muriquis, que fica no estado de Minas Gerais. Nesse local, é encontrado o macaco muriqui-do-norte, também chamado de mono-carvoeiro, que habita a Mata Atlântica e se alimenta de folhas de plantas que só existem nesse ambiente. A proteção dessa área auxilia na preservação dos muriquis, que estão ameaçados pela destruição do *habitat* e pela caça ilegal.

Nessas áreas, a visitação e a realização de pesquisas científicas são permitidas somente seguindo regras e com autorização prévia dos órgãos ambientais responsáveis.

Marcos Amend/Pulsar Imagens

Muriqui-do-norte ou mono-carvoeiro (*Brachyteles hypoxanthus*, mede cerca de 1,3 m de comprimento), uma espécie ameaçada de extinção cuja preservação é ajudada pela manutenção de Refúgios de Vida Silvestre. Fotografia tirada em Caratinga (MG), 2019.

Reprodução do Livro do Estudante em tamanho reduzido.

Orientações didáticas

Recomendamos que faça um levantamento de possíveis monumentos naturais próximos à localização da escola. Se possível, programe uma saída de campo para que os estudantes visitem esses locais.

Faça um levantamento também das principais espécies endêmicas do bioma predominante da região da escola. Caso considere pertinente, organize os estudantes em dois grupos, peça a um deles que pesquise animais endêmicos e ao outro, que pesquise plantas endêmicas. Oriente-os a buscar informações sobre o grau de vulnerabilidade dessas espécies, verificando se elas também estão em alguma lista de espécies ameaçadas de extinção. Questione-os por que as espécies endêmicas são mais vulneráveis e peça que respondam com base nas informações pesquisadas. Espera-se que os estudantes associem isso ao fato de que essas espécies têm a sua área de ocupação restrita a uma determinada região, por isso apresentam populações menores e mais sensíveis, por exemplo, à destruição do *habitat*.

#Para ler

A expressão "monumento natural", conforme observa José Afonso da Silva, comporta inúmeros sentidos, como monumentos históricos, artísticos e naturais. Define o autor monumentos naturais como "sítios geológicos que, por sua singularidade, raridade, beleza cênica ou vulnerabilidade exijam proteção, sem justificar a criação de outra categoria de unidade de conservação, dada a limitação da área ou a restrita diversidade de ecossistema". Seria o caso de uma montanha específica, de formações esculturais naturais, de uma cachoeira. Apenas o monumento sofreria proteção especial, não o restante da área.

Nos termos do art. 12 da Lei nº 9.985/00, têm como objetivo básico "preservar sítios naturais raros, singulares ou de grande beleza cênica", podendo ser constituídos em áreas particulares, "desde que seja possível compatibilizar os objetivos da unidade de conservação com a utilização da terra e dos recursos naturais do local pelos proprietários" (§ 1º) e desde que haja aquiescência do proprietário (§ 2º).

[...]

No âmbito federal, atualmente, existem três Monumentos Naturais, que estão localizados em áreas de cinco estados da federação, de acordo com o Cadastro Nacional de Unidades de Conservação – CNUC, sendo eles:

a) Monumento Natural do Rio São Francisco: estados de Alagoas, da Bahia e de Sergipe;

b) Monumento Natural dos Pontões Capixabas: estado do Espírito Santo; e

c) Monumento Natural do Arquipélago das Ilhas Cagarras: estado do Rio de Janeiro.

LEUZINGER, M. D.; SANTANA, P. C.; SOUZA, L. R. (org.). *Monumentos naturais, refúgios da vida silvestre e áreas de relevante interesse ecológico*: pesquisa e preservação. Brasília, DF: UniCEUB, 2017. *E-book*. Disponível em: https://repositorio.uniceub.br/jspui/bitstream/235/11082/1/eBook_Monumentos_Naturais.pdf. Acesso em: 25 maio 2022.

Orientações didáticas

Recomendamos que oriente os estudantes a pesquisar se existe alguma comunidade de povos tradicionais como indígenas, ribeirinhos ou quilombolas que vivem dentro de UCs próximas ao município em que a escola se localiza. Discuta com a turma como esses povos contribuem para a conservação da biodiversidade, destacando também o que fazem para garantir o sustento das famílias da comunidade.

Unidades de conservação de uso sustentável

Nas unidades de conservação de uso sustentável, podem-se utilizar os recursos naturais, desde que de maneira sustentável, permitindo sua renovação ao longo do tempo, sem causar desequilíbrios ecológicos. Nessas áreas também é permitida a ocupação por populações humanas, que devem se desenvolver também de forma sustentável. Entre essas UCs, existem sete categorias.

Áreas de Proteção Ambiental (APA)

As Áreas de Proteção Ambiental (APA) podem ser públicas ou privadas. O objetivo delas é a proteção do ambiente, da biodiversidade local e das comunidades tradicionais de maneira sustentável, bem como dos recursos estéticos e culturais da região.

Tales Azzi/Pulsar Imagens

Área de Proteção Ambiental da Baía de Todos-os-Santos, no estado da Bahia, criada em 1999 para o ordenamento da ocupação das ilhas que se localizam na baía, desenvolvendo atividades que não ameacem a conservação dos recursos naturais. Fotografia de 2021.

No caso de visitação para fins de estudo e pesquisas científicas, é necessário seguir regras estipuladas pelos órgãos ambientais. Em muitas APAs as decisões e o controle das atividades são realizados em conjunto pela comunidade, de forma organizada e participativa, contando com conselhos gestores, lideranças comunitárias e representantes de organizações locais, universidades e órgãos públicos.

Florestas Nacionais (Flonas)

As áreas determinadas como Florestas Nacionais (Flonas) correspondem a locais com vasta cobertura florestal e que apresentam, em sua maioria, espécies nativas da flora e da fauna. Em geral, são áreas públicas demarcadas, permitindo visitação e pesquisas científicas. Seus principais objetivos são a pesquisa e o desenvolvimento de formas de exploração sustentável dos recursos da floresta.

Um exemplo é a Floresta Nacional de Carajás, no estado do Pará, em uma área em que a extração do minério de ferro presente no solo é uma ameaça. Com o estabelecimento da Flona, em 1998, foram determinados planos de manejo para reduzir os riscos à biodiversidade, composta de muitas espécies endêmicas, além de garantir a segurança hídrica, já que essa área apresenta muitos aquíferos que são abastecidos pela chuva e mantidos pela floresta. A presença da UC favorece o controle das atividades de mineração, que devem ocorrer apenas em áreas determinadas e de forma a gerar os menores impactos possíveis à biodiversidade e aos recursos hídricos da região.

Alex Tauber/Pulsar Imagens

Floresta Nacional de Carajás, localizada no estado do Pará, criada em 1998. Fotografia de 2020.

Reprodução do Livro do Estudante em tamanho reduzido.

Nas Florestas Nacionais, podem viver comunidades tradicionais, como ribeirinhos, quilombolas e indígenas, que participam das decisões relacionadas ao manejo da UC. Um exemplo é a Floresta Nacional do Tapajós, localizada no estado do Amazonas. Nessa área, vivem o povo indígena munduruku e diversas comunidades ribeirinhas.

Essas pessoas que vivem na área da Flona Tapajós devem fazer uso sustentável dos recursos da floresta para sua sobrevivência, coletando frutos e outros alimentos, realizando turismo ecológico, pesca artesanal, produzindo artesanato tradicional, entre outras atividades. O plano de manejo da Flona também demarca a possibilidade de extração controlada e sustentável de madeira, que deve seguir padrões e normas definidos.

Reservas Extrativistas (Resex)

O termo *extrativista* está associado à extração de recursos de uma área. As unidades de conservação classificadas como Reservas Extrativistas (Resex) são áreas públicas nas quais é permitido que comunidades tradicionais desenvolvam suas atividades extrativistas, como agricultura de subsistência, pesca artesanal ou criação de animais de pequeno porte. Assim, é possível proteger a biodiversidade e garantir a sobrevivência dessas populações tradicionais, que devem trabalhar coletivamente de forma sustentável.

Um exemplo é a Reserva Extrativista Chico Mendes, localizada no estado do Acre, onde vivem muitas pessoas de comunidades tradicionais que trabalham na extração sustentável de castanhas e outras sementes, látex, óleos de copaíba e andiroba, na produção de mel de abelhas nativas, entre outras atividades. Além disso, são estabelecidos sistemas agroflorestais, que permitem às famílias a produção de alimentos de modo integrado ao ambiente, preservando, assim, os recursos naturais da floresta.

Rubens Chaves/Pulsar Imagens

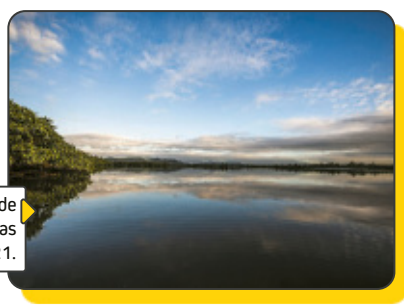
Artesã de comunidade ribeirinha da Floresta Nacional do Tapajós com pulseiras feitas com sementes e fibras obtidas de plantas nativas, em Belterra (PA), 2019.

André Dib/Pulsar Imagens

A extração do açaí é uma das principais atividades realizadas de forma sustentável e que garantem o sustento das pessoas que vivem na Reserva Extrativista do Médio Juruá. Fotografia em Carauari (AM), 2016.

Reservas de Fauna

As Reservas de Fauna são áreas públicas nas quais são encontradas espécies animais nativas ou migratórias. Assim, a conservação dessas áreas garante a proteção do *habitat* e fornece condições de sobrevivência para essas espécies. Nessas áreas, é possível realizar pesquisas científicas e visitação.



Dudu Contursi/Pulsar Imagens

Reserva de Fauna da Baía da Babitonga, no litoral de Santa Catarina, que atua na preservação das faunas terrestre e aquática da região. Fotografia de 2021.

Reprodução do Livro do Estudante em tamanho reduzido.

Orientações didáticas

Continuando a abordagem sobre as unidades de conservação, sugerimos que ajude os estudantes a identificar produtos que possuem ou de que fazem uso que estejam associados à extração de recursos de UCs, como produtos artesanais, por exemplo, biojoias, alimentos, medicamentos e cosméticos. Você pode também citar como exemplo ou estimular os estudantes a pesquisar a indústria de cosméticos que usa essências, princípios ativos e óleos naturais de plantas que são produzidas nas UCs e manejadas por povos tradicionais. Chame a atenção sobre a responsabilidade social das pessoas ao consumir produtos que são derivados de locais que em sua produção respeitam as leis ambientais e complementam a renda de comunidades que buscam o desenvolvimento sustentável.

A reportagem sobre o açaí indicada no boxe *#Para saber* + pode ser usada para discutir sobre os desafios de equilibrar o uso de recursos naturais com a sustentabilidade. Ela mostra que o crescimento do interesse de comercializar esse fruto tem feito com que algumas áreas sejam desmatadas e substituídas por monoculturas de açaizeiro.

#Para saber

Mulher, guerreira e porta-voz das vitórias-régias

Reportagem sobre uma cozinheira paraense que desenvolve produtos alimentícios usando vitórias-régias. Disponível em: https://projetocolabora.com.br/ods14/amulher-guerreira-e-porta-voz-das-vitorias-regias/.

Os dilemas do açaí: produção da valiosa fruta busca sustentabilidade

Reportagem comenta o crescimento do interesse pela extração do açaí e os desafios para manter essa atividade econômica sustentável. Disponível em: https://infoamazonia.org/2020/12/08/os-dilemas-do-acai-producao-da-valiosa-fruta-busca-sustentabilidade/. Acesso em: 25 maio 2022.

#Para ler

Etnobotânica como subsídio à gestão socioambiental de uma unidade de conservação de uso sustentável

O uso sustentável de recursos, além de preservar a cultura e trazer benefícios socioeconômicos às comunidades, é também um aliado à conservação ambiental. Ostrom (1990) descreve os recursos naturais como bens públicos e de acesso comum, com possibilidade de autonomia da comunidade para a gestão do uso sustentável.

Muitos povos associam o uso dos recursos naturais à sua conservação, pois têm uma dependência direta desses recursos para a sua subsistência, desenvolvimento econômico e social.

[...]

Estudos etnobotânicos representam uma importante ferramenta de diagnóstico para a gestão socioambiental, gerando informações úteis ao planejamento estratégico de ações políticas e educativas voltadas para a conservação e manejo sustentável de recursos naturais. Dentre essas informações relevantes geradas pelos estudos etnobotânicos podem ser citadas aquelas relativas à diversidade e composição das espécies utilizadas e de suas interações com os atributos socioeconômicos e culturais da população usuária.

PRADO, A. C. C. *et al*. Etnobotânica como subsídio à gestão socioambiental de uma unidade de conservação de uso sustentável. *Rodriguésia*, Rio de Janeiro, v. 70, p. 1-10, 2019. Disponível em: https://www.scielo.br/j/rod/a/TMYVKp63MHGXCLqFhk8Sw8q/?format=html&lang=pt. Acesso em: 25 maio 2022.

Orientações didáticas

Ao finalizar a distinção sobre os tipos de UCs de uso sustentável, sugerimos propor uma discussão sobre a relevância da educação ambiental para crianças, jovens e adultos. Para isso, discuta os objetivos da educação ambiental e sensibilize os estudantes no sentido de que os conhecimentos que estão adquirindo sobre a conservação da biodiversidade devem ajudá-los a fortalecer argumentos e posicionamentos a respeito da criação de UCs e adoção de atitudes que proporcionem a preservação do ambiente, além de capacitá-los a participar de debates que envolvam, por exemplo, a construção de empreendimentos que geram muitos impactos socioambientais, como mineradoras e hidrelétricas. Essa abordagem promove o desenvolvimento da habilidade EF09CI12 e favorece o trabalho com o Tema Contemporâneo Transversal Educação Ambiental.

Reservas de Desenvolvimento Sustentável

São áreas em que as comunidades tradicionais podem explorar recursos naturais de forma sustentável. O objetivo principal das Reservas de Desenvolvimento Sustentável é garantir a preservação da biodiversidade e a conservação da cultura dessas populações. Se respeitadas as regras locais, são permitidas pesquisas científicas e a visitação pública dessas áreas.

Marcos Amend/Pulsar Imagens

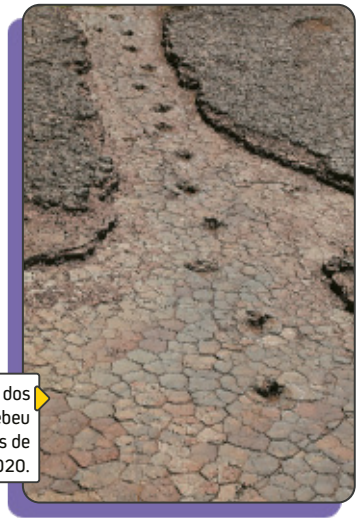
A Reserva de Desenvolvimento Sustentável Uatumã, no Amazonas, protege a cultura local, a biodiversidade e as formações naturais da região. Fotografia de 2018.

Reservas Particulares do Patrimônio Natural (RPPN)

Trata-se de reservas criadas em áreas particulares por meio da solicitação formal do proprietário da área aos órgãos ambientais dos municípios, dos estados ou do governo federal. A aprovação de uma Reserva Particular do Patrimônio Natural (RPPN) ocorre se a área for habitada por espécies raras da flora e da fauna, se apresentar grande biodiversidade ou se abrigar nascentes e matas ciliares, que protegem os rios. Por meio da constituição da reserva, o proprietário pode estabelecer atividades de turismo ecológico, pesquisas científicas e deve seguir a regulamentação, evitando danos à biodiversidade.

Áreas de Relevante Interesse Ecológico

São áreas públicas ou privadas com pequeno território desabitado ou com pequena ocupação humana que apresentam o objetivo de conservar o ecossistema local. São permitidas visitações com fins de pesquisa e para atividades educativas. Nas áreas ocupadas, as comunidades devem fazer uso sustentável dos recursos naturais.



Fabio Colombini/Acervo do fotógrafo

Área de Relevante Interesse Ecológico Vale dos Dinossauros, localizada em Sousa (PB) e que recebeu esse nome por apresentar registros de pegadas de dinossauros. Fotografia de 2020.

Reprodução do Livro do Estudante em tamanho reduzido.

#Para ler

A importância de projetos de educação ambiental

[...]

Contribuindo de modo a incentivar a preservação e a conservação do meio ambiente e de seus recursos ambientais, a educação ambiental é um processo educativo que se direciona à sociedade, no intuito de sensibilizar a população acerca das questões ambientais, informando-a sobre a importância da proteção e da manutenção do meio ambiente e a influência que ele exerce, de modo direto ou indireto, na qualidade de vida da população.

O conceito de educação ambiental é bastante relacionado com o de desenvolvimento sustentável, pois versa sobre a importância de cuidar integralmente do meio ambiente, buscando despertar a população acerca das questões ambientais e das práticas que possam produzir influências ao meio ambiente e, com suporte nessas ações, colaborar para o desenvolvimento sustentável.

[...]

CAMPELO, A. K. R.; MELO, J. B. de. A importância de projetos de educação ambiental em uma unidade de conservação no semiárido nordestino. *RBCIAMB*, n. 49, p. 81-94, set. 2018. Disponível em: https://repositorio.ufc.br/bitstream/riufc/65141/1/2018_art_akrcampelo.pdf. Acesso em: 25 maio 2022.

#Para refletir

NÃO ESCREVA NO LIVRO

1 **Pesquise quais são as unidades de conservação no estado em que você reside e, com base nessas informações, realize as atividades a seguir com a orientação do(a) professor(a).** 1. Respostas pessoais. Consulte as Orientações didáticas.

a) Identifique o tipo de cada unidade de conservação pesquisada.

b) Escreva de que maneira essas UCs atuam na conservação da biodiversidade na região.

c) No caso das unidades de conservação de uso sustentável, identifique quais atividades sustentáveis são desenvolvidas em cada uma delas.

d) Quais comunidades tradicionais vivem nas unidades de conservação de uso sustentável presentes no estado? Escreva sobre a cultura delas.

#Estude

ICMBio – painel dinâmico sobre UCs

Disponível em: http://qv.icmbio.gov.br/. Acesso em: 21 fev. 2022.

No *site* do ICMBio, do Ministério do Meio Ambiente, está disponível um painel dinâmico com o número de unidades de conservação do Brasil, o número de visitantes anuais, as espécies e os ecossistemas protegidos, entre outras informações.

#Sustentabilidade

Ao estudarmos as unidades de conservação, citamos o uso sustentável dos recursos naturais. Com base nisso, podemos entender a **sustentabilidade**, que é a utilização dos recursos naturais causando os menores impactos ambiental e social possíveis, garantindo também que esses recursos estejam disponíveis para as próximas gerações e de forma igualitária entre as populações do mundo.

Assim, ações sustentáveis devem levar em conta o direito das outras espécies e dos seres humanos que ainda vão nascer de ter acesso aos recursos naturais. Entre os recursos naturais, existem aqueles considerados renováveis e os não renováveis. A água, a luz do Sol e o ar são exemplos de **recursos naturais renováveis**, ou seja, que não se esgotam, embora a poluição da água e do ar prejudiquem o aproveitamento deles. Animais e plantas, como as árvores das quais a madeira é obtida, também são classificados como recursos naturais renováveis porque é possível garantir a manutenção de suas populações ao longo do tempo pela reprodução desses seres. No entanto, quando a exploração é feita de modo descontrolado, não há tempo para o restabelecimento das populações e podem ocorrer impactos ambientais negativos.

Os **recursos naturais não renováveis**, como o nome sugere, são aqueles que podem se esgotar. O solo, o petróleo e os minérios são exemplos desses recursos, que são considerados não renováveis porque sua formação leva milhares ou milhões de anos, dependendo do caso.

Reprodução do Livro do Estudante em tamanho reduzido.

#Para saber

Consultar Unidade de Conservação

Site vinculado ao Ministério do Meio Ambiente que permite consultar as UCs conforme estado, município, bioma e categorias.

Disponível em: http://sistemas.mma.gov.br/portalcnuc/rel/index.php?fuseaction=portal.consultarFicha.

Objetivos de desenvolvimento sustentável no Brasil

Site da ONU que apresenta os objetivos de desenvolvimento sustentável para o Brasil definidos pela Organização.

Disponível em: https://brasil.un.org/pt-br/sdgs.

Acesso em: 25 maio 2022.

Orientações didáticas

Para finalizar a abordagem sobre as UCs, verifique se os estudantes apresentam alguma dúvida sobre o tema. Caso considere pertinente, peça-lhes que comentem rapidamente quais são os pontos que consideraram mais interessantes e os tipos de UCs que já conheciam.

Sugerimos que solicite aos estudantes que respondam em casa à atividade do boxe *#Para refletir* e, caso necessário, revejam o tópico para tirar dúvidas. O painel dinâmico indicado no boxe *#Estude* + também pode ser explorado. Nele, várias informações sobre todas as UCs do Brasil podem ser encontradas. Estimule os estudantes a acessá-lo e verificar as informações disponíveis.

#Para refletir

1. Espera-se que os estudantes identifiquem a importância das áreas de conservação para a proteção da biodiversidade e da cultura local. É possível que alguns deles vivam em comunidades de unidades de conservação; se for esse o caso e se eles se sentirem à vontade, podem contar sobre as atividades realizadas em sua comunidade. A reflexão proposta oportuniza o trabalho com o Tema Contemporâneo Transversal Diversidade Cultural e a competência geral 9.

Você pode propor que, em grupos, pesquisem cada tipo de unidade de conservação do estado e, se achar pertinente, podem montar uma exposição presencial ou virtual sobre elas, com fotos, informações e, se possível, amostras dos trabalhos realizados em cada uma delas.

Orientações didáticas

Para iniciar o trabalho com o tópico *#Sustentabilidade*, sugerimos que destaque que esse conceito não está relacionado apenas ao ambiente, mas também com as pessoas que fazem parte dele. Por isso, a sustentabilidade está relacionada a três pilares: econômico, social e ambiental. Ao longo desse tópico, será favorecido o desenvolvimento da habilidade EF09CI13.

Você também pode apresentar aos estudantes os Objetivos de Desenvolvimento Sustentável (ODS), que foram descritos pela Organização das Nações Unidas (ONU), em 2015, durante uma reunião com lideranças mundiais. Eles têm como meta acabar com a pobreza, proteger o meio ambiente e o clima, e garantir que todas as pessoas do mundo possam ter paz e prosperidade. São dezessete objetivos para o desenvolvimento sustentável a ser alcançados até 2030.

Orientações didáticas

Relacionando a sustentabilidade com as unidades de conservação estudadas anteriormente, sugerimos que use o exemplo do solo para ajudar os estudantes a perceber como a criação de UCs contribui para a preservação da biodiversidade. Você também pode pedir a eles que deem outros exemplos que relacionem as UCs à proteção da biodiversidade de ecossistemas aquáticos e terrestres. É possível que eles comentem que elas podem favorecer a proteção do ambiente contra queimadas, desmatamento e descarte inadequado de resíduos.

À medida que os estudantes exploram outros exemplos, peça que pesquisem também outras atitudes, além da criação de UCs, que podem favorecer a sustentabilidade, considerando atitudes coletivas e individuais como investimento em sistemas agroflorestais, redução do uso de fertilizantes e pesticidas e investimento em adubo verde, inserção dos 5 Rs da sustentabilidade em suas práticas de consumo (repensar, reduzir, reaproveitar, reciclar e recusar), valorização de pequenos produtores e, sempre que possível, preferência pelo consumo de produtos orgânicos. Essa discussão favorece o trabalho com a habilidade EF09CI13, com a competência geral 10 e com a competência específica 8 de Ciências da Natureza.

#Para refletir

1. Sugerimos que, para fomentar a discussão sobre as desigualdades sociais, mostre diferentes imagens que possam contrastar essas desigualdades. Sobre os exemplos que relacionam igualdade socioeconômica e sustentabilidade, os estudantes podem mencionar o fato de populações mais vulneráveis economicamente não usufruírem de saneamento básico adequado, propiciando o desenvolvimento de doenças e, ao mesmo tempo, não terem acesso a um sistema de saúde eficiente.

Outro exemplo é a maior exposição dessas populações a efeitos nocivos de agrotóxicos, devido ao fato de produtos orgânicos terem maior custo. Além disso, é possível que não tenham acesso a uma alimentação adequada, o que pode impactar a sua saúde. Os estudantes também podem mencionar o fato de que essas pessoas também estão mais vulneráveis a efeitos de catástrofes ambientais, como deslizamentos em períodos chuvosos, terremotos, entre outros.

Para buscar soluções para o combate à desigualdade, oriente os estudantes a pesquisar por programas de assistência social que já existem no Brasil e em outros países. Recomendamos que encaminhe essa discussão em conjunto com professore(a)s da área de Ciências Humanas.

Por exemplo, a falta de cuidados no uso do solo pode levar ao seu esgotamento: sais minerais são perdidos, microrganismos essenciais ao seu equilíbrio morrem, plantas não conseguem sobreviver ali.

Nesse sentido, o principal desafio é promover o **desenvolvimento sustentável**, que se relaciona com o crescimento econômico, com a melhora da qualidade de vida da população humana e com a conservação da biodiversidade e da cultura. Para que isso ocorra, ações como a criação de unidades de conservação de uso sustentável são um caminho, bem como o desenvolvimento de técnicas que diminuam impactos ambientais e de maneiras de promover as igualdades social e econômica entre as populações.

Munique Bassol/Pulsar Imagens

O solo é um exemplo de recurso natural que, se não for utilizado com os devidos cuidados para que seja garantida sua conservação, pode se degradar de forma irreversível. Na fotografia, solo preparado para o plantio de cana-de-açúcar, em Taquaritinga (SP), 2021.

No dia a dia, cada pessoa pode contribuir para o desenvolvimento sustentável ao avaliar os hábitos de consumo e a forma como se relaciona com o ambiente. Todos os produtos que consumimos, como alimentos, roupas e aparelhos eletrônicos, impactam diretamente o ambiente, seja na sua produção, seja no seu descarte. Isso porque todos esses produtos necessitam de recursos naturais para ser fabricados e geram resíduos na produção, no transporte e após o uso. Assim, o uso que fazemos dos produtos e serviços na atualidade afetará as futuras gerações.

A população humana mundial expande anualmente, o que aumenta a intensidade dos impactos ambientais das atividades agropecuárias, industriais, entre outras. Por isso, o uso inadequado dos recursos naturais, os hábitos de consumo insustentáveis e a má distribuição de renda precisam ser urgentemente resolvidos para conseguirmos avançar em ações concretas rumo ao desenvolvimento sustentável.

#Para refletir

GRUPO

NÃO ESCREVA NO LIVRO

1 **Algumas populações têm um padrão de consumo que gera grandes impactos sociais e ambientais, enquanto outras não têm acesso aos recursos básicos para a vida humana, como água e alimentos em qualidade e quantidade suficientes. Como estudamos, a igualdade socioeconômica entre as populações humanas é necessária para o desenvolvimento sustentável. Reúna-se com um colega e discutam a relação entre igualdade socioeconômica e sustentabilidade, pensando em situações que a exemplifiquem. Em seguida, façam uma pesquisa sobre o tema e compartilhem o que descobriram com os outros colegas. Por fim, pensem juntos em soluções que poderiam auxiliar no combate à desigualdade social e econômica.**

1. Consulte as Orientações didáticas.

Reprodução do Livro do Estudante em tamanho reduzido.

#Para saber

A ineficiência da desigualdade

Documento elaborado pela Comissão Econômica para a América Latina e o Caribe que discute as desigualdades socioeconômicas como principal barreira para o desenvolvimento sustentável da Agenda 2030.

Disponível em: https://repositorio.cepal.org/bitstream/handle/11362/43569/4/S1800303_pt.pdf.

Acesso em: 30 maio 2022.

Pegada ecológica

A **pegada ecológica** corresponde a uma metodologia que foi desenvolvida para avaliar a área de solo, a quantidade de água e outros recursos naturais que são necessários para produzir tudo o que uma pessoa consome e para absorver os resíduos que ela gera. Esse conceito pode ser também aplicado para a população de uma cidade ou de um país. A pegada ecológica pode, então, ser considerada um indicador de sustentabilidade.

O cálculo da pegada ecológica é feito em hectares – um hectare (ha) equivale a 10 000 m^2 –, ou seja, calculam-se quantos hectares são necessários para gerar produtos, bens e serviços para uma pessoa ou uma população de um local. Quanto maior a quantidade de hectares necessária, maior é o padrão de consumo e maior é a pegada ecológica.

Esse cálculo também permite identificar se o padrão de consumo está ou não de acordo com a oferta de recursos naturais do planeta e com padrões de desenvolvimento sustentável. Isso porque, quanto maior for a pegada ecológica, mais distantes estamos da sustentabilidade e mais próximos do esgotamento dos recursos do planeta.

No mundo, os países com maior pegada ecológica são os de maior desenvolvimento econômico. Em geral, nesses países há populações com maior poder aquisitivo para comprar produtos, gastar energia e consumir mais em comparação a países em desenvolvimento.

Para reduzir a pegada ecológica de uma população, pensando na sustentabilidade do planeta, é importante que existam campanhas educacionais e ações que incentivem escolhas pessoais de consumo e, principalmente, estímulo e investimentos por parte dos governos e das indústrias. Por exemplo, deslocar-se pelas cidades caminhando, pedalando uma bicicleta ou utilizando transporte público gera uma pegada ecológica menor do que a locomoção em um carro, que utiliza combustível e libera gases poluentes para a atmosfera. Então, investir em ciclovias e transporte público de qualidade pode melhorar a qualidade de vida das pessoas e reduzir a pegada ecológica da população como um todo.

Gerson Gerloff/Pulsar Imagens

Investimento público na construção de ciclovias pode estimular as pessoas a utilizar bicicletas como meio de transporte, reduzindo assim a pegada ecológica de uma população. Ciclovia em Florianópolis (SC), 2022.

#Estude

- **Pegada ecológica**

Disponível em: https://www.wwf.org.br/natureza_brasileira/especiais/pegada_ecologica/. Acesso em: 26 abr. 2022.

Nesse *site*, é possível encontrar reportagens e informações sobre a pegada ecológica.

Reprodução do Livro do Estudante em tamanho reduzido.

#Para saber

Qual é a sua pegada?

Site do WWF Brasil, com matérias que possibilitam a ampliação da discussão sobre pegada ecológica e que apresenta uma calculadora que infere a pegada ecológica individual por meio de um questionário.

Disponível em: https://www.wwf.org.br/natureza_brasileira/especiais/pegada_ecologica/sua_pegada/.

Pegada hídrica: definição e exemplos

Site do Instituto Água Sustentável, com informações que devem ser consideradas para o cálculo da pegada hídrica e que apresenta alguns produtos com a descrição da quantidade de água gasta para fabricá-lo.

Disponível em: https://www.aguasustentavel.org.br/conteudo/blog/64-pegada-hidrica.

O ciclo de vida de uma camiseta

O vídeo em inglês, com legenda disponível em português, mostra como se dá todo o processo de fabricação de uma camiseta considerando questões ambientais e sociais.

Disponível em: https://youtu.be/BiSYoeqb_VY. Acesso em: 25 maio 2022.

Orientações didáticas

Para discutir sobre a pegada ecológica, sugerimos que faça uma sensibilização inicial com os estudantes sobre os reais custos dos produtos que consomem. Mostre a eles que, quando compram uma camisa de algodão, por exemplo, o valor agregado envolve todo o processo de produção, desde o plantio do algodão, coloração do tecido, costura e transporte da peça, por exemplo. Outro produto que pode usar como exemplo são os alimentos. O valor de uma alface, por exemplo, envolve o seu plantio, a água gasta para irrigar, o adubo e manejo do solo, o trabalho do agricultor e seu transporte. Além disso, em todo o processo de produção recursos naturais foram usados e resíduos foram gerados.

Ao usar esses exemplos, você pode questionar os estudantes sobre as etapas que eles imaginam estar envolvidas para produzir cada um desses produtos. Partindo dessa reflexão, introduza o conceito de pegada ecológica. Você também pode aproveitar para comentar a pegada hídrica, que envolve o cálculo do consumo direto (por exemplo, tomar banho) e indireto (água usada para irrigar a alface de uma refeição, por exemplo) de água por pessoa.

Recomendamos também que discuta com os estudantes sobre soluções que podem ser implementadas individualmente para que cada um possa reduzir suas pegadas ecológica e hídrica. Essa abordagem favorece o desenvolvimento da habilidade EF09CI13.

#Atividade complementar

O que fazem as cidades sustentáveis?

A atividade tem como objetivo apresentar aos estudantes soluções sustentáveis que já estão sendo implementadas em algumas cidades do mundo. Para isso, peça que pesquisem cidades consideradas sustentáveis e listem as medidas que elas adotam para garantir o desenvolvimento sustentável. Depois, peça aos estudantes que pesquisem alguma ação implementada no seu município que busca promover a sustentabilidade. Essas ações podem se referir à coleta seletiva do lixo, ao descarte adequado do lixo em aterros sanitários, por exemplo. Por fim, junto com os estudantes, organize soluções sustentáveis que podem ser implementadas na escola. Se possível, procure parcerias com a prefeitura ou empresas que possam fazer, por exemplo, a coleta seletiva, a coleta de óleo ou de equipamentos eletrônicos, pilhas e baterias.

Orientações didáticas

O grupo de atividades presentes nesta seção permite ampliar e desenvolver as habilidades EF09CI12 e EF09CI13, além da competência geral 10 e da competência específica 8 de Ciências da Natureza.

Sugerimos que selecione alguns exercícios para que sejam feitos em sala de aula e outros em casa com a ajuda da família ou responsável. Separe alguns minutos de sua próxima aula para realizar a correção dos exercícios e verificar possíveis defasagens de conteúdo. Caso julgue necessário, faça uma revisão dos conteúdos abordados até o momento.

#Atividades

1. a) A biodiversidade corresponde ao conjunto de espécies de seres vivos de um local ou de todo o planeta.

b) As principais atividades que ameaçam a biodiversidade são o desmatamento e as queimadas, que promovem a perda de *habitat* das espécies, a sobre-exploração e a introdução de espécies exóticas invasoras em ecossistemas que estavam, antes, em equilíbrio.

c) São identificadas regiões de *hotspots* no litoral do país e na região central.

d) Algumas medidas são a fiscalização de áreas nativas que são destruídas ilegalmente, o combate à exploração de espécies, o controle do transporte de espécies entre os ecossistemas e a criação de unidades de conservação e proteção dessas áreas.

2. Sim, pois é uma espécie que existe originalmente em outros países e que foi trazida para o Brasil, gerando problemas ambientais para espécies nativas.

#ATIVIDADES

NÃO ESCREVA NO LIVRO

Consulte as Orientações didáticas para respostas e comentários das atividades.

1. Em alguns pontos do planeta Terra existem locais chamados de *hotspots*, que são áreas que concentram grande biodiversidade e que são ameaçadas por atividades humanas. Observe as principais delas, marcadas em vermelho no mapa a seguir, e responda às questões.

Hotspots de biodiversidade

Banco de imagens/Arquivo da editora

Elaborado com base em: REECE, J. B. *et al. Biologia de Campbell*. 10. ed. Porto Alegre: Artmed, 2015.

a) Explique o que é biodiversidade, de acordo com o que estudou neste capítulo.

b) Quais são as principais atividades humanas que ameaçam a biodiversidade?

c) Você identifica no mapa regiões no Brasil que são consideradas *hotspots*? Onde elas se concentram?

d) Que medidas podem ser tomadas para proteger os *hotspots*?

2. O javali é uma espécie que existe naturalmente na Europa, na Ásia e no norte da África e que foi trazida para o Brasil a partir da década de 1960 para ser criada em cativeiro, visando à exploração comercial de sua carne. No entanto, alguns desses animais escaparam ou foram soltos na natureza e, a partir daí, como não apresentam predadores naturais no Brasil, suas populações aumentaram e passaram a invadir plantações e se alimentar de plantas nativas, levando a grandes prejuízos.

O javali pode ser considerado uma espécie exótica no Brasil? Justifique.

picture alliance/Getty Images

Javali (*Sus scrofa*, chega a medir 2 m de comprimento), em parque na Alemanha, em 2021.

Reprodução do Livro do Estudante em tamanho reduzido.

3. A União Internacional para a Conservação da Natureza e dos Recursos Naturais (IUCN) definiu categorias que indicam o risco de uma espécie se tornar extinta, com base no tamanho das populações daquela espécie, em sua distribuição geográfica, entre outros fatores. Sobre a extinção de espécies, responda:

a) Duas categorias de risco de extinção para uma espécie são "extinta na natureza" e "extinta". Faça uma pesquisa para descobrir a diferença entre essas duas classificações.

b) Quais fatores podem levar à extinção de uma espécie?

4. Explique como a criação de unidades de conservação pode contribuir para a manutenção da biodiversidade brasileira.

5. Imagine que em uma área de grande biodiversidade, onde há várias espécies endêmicas, foi criada uma unidade de conservação de proteção integral. Uma placa está sendo confeccionada para colocar na entrada dessa unidade de conservação, com uma lista das atividades que são proibidas naquela área. No caderno, escreva o texto que poderia estar nessa placa.

6. O mapa a seguir mostra as unidades de conservação do Brasil mais visitadas nos últimos anos. Sobre esse tema, responda às questões que seguem.

UCs mais visitadas entre 2000 e 2020

Banco de imagens/Arquivo da editora

Fonte: BRASIL. Ministério do Meio Ambiente. Instituto Chico Mendes de Conservação da Biodiversidade (ICMBio). Visitação nas Unidades de Conservação (2000-2020) – Detalhamento – COEST/CGEUP. Disponível em: https://app.powerbi.com/view?r=eyJrIjoiZDkxY2JjN2UtMjE4Zi00NzNjLWJjYzItNDFkYzhmYzBmZjUxIiwidCI6ImMxNGUyYjU2LWM1YmMtNDNiZC1hZDIjLTQwOGNmNmNjMzU2MCJ9. Acesso em: 22 fev. 2022.

3. a) Espécies extintas na natureza não podem ser encontradas em ambientes naturais, somente em cativeiro ou quando essas espécies só podem ser encontradas fora da sua área de distribuição natural. Já as espécies extintas não podem ser encontradas na natureza nem em cativeiros.

b) Destruição e fragmentação de *habitat* devido ao desmatamento, queimadas e poluição, introdução de espécies exóticas invasoras, caça ilegal, biopirataria e sobre-exploração.

4. A criação de UCs contribui para reduzir as interferências humanas no meio ambiente, preservando fatores bióticos e abióticos do ecossistema e os serviços ecossistêmicos gerados. As UCs também ampliam o conhecimento sobre a natureza por meio das pesquisas científicas que, inclusive, dão suporte às medidas de manejo para gestão dessas áreas e ações de educação ambiental.

5. Resposta pessoal. Espera-se que os estudantes escrevam que é proibido levar qualquer tipo de recurso da UC sem autorização, deixar lixo, transportar substâncias com potencial de contaminar os recursos naturais, etc.

Reprodução do Livro do Estudante em tamanho reduzido.

6. a) Os parques nacionais são UCs de proteção integral. Neles são permitidos atividades educacionais, turismo e desenvolvimento de pesquisa científica. Mas não são permitidas atividades que explorem os recursos naturais por meio de consumo, coleta, dano ou destruição. Já as reservas extrativistas são UCs de uso sustentável. Nelas, comunidades tradicionais extraem recursos naturais para sua subsistência e são permitidas a visitação pública e as pesquisas científicas.

b) A resposta à questão está no Livro do Estudante.

c) Resposta pessoal. Incentive os estudantes a pesquisar imagens, monumentos naturais importantes, informações sobre a fauna e a flora da região e a presença de nascentes ou cursos de água.

7. a) Desenvolvimento sustentável, já que o conceito está relacionado diretamente com a preocupação em relação ao esgotamento de recursos naturais e em garantir que as próximas gerações possam usufruir desses recursos.

b) Resposta pessoal. Espera-se que os estudantes mencionem a coleta seletiva, o saneamento básico, a preservação de áreas verdes do município, o investimento em educação ambiental, entre outras ações.

NÃO ESCREVA NO LIVRO

a) Compare um Parque Nacional e uma Reserva Extrativista, indicando semelhanças e diferenças entre eles.

b) Em quais das unidades de conservação representadas no mapa podem ser encontradas comunidades como as apresentadas nas imagens a seguir? Como você chegou a essa conclusão?

6. b) Nas unidades representadas pelos números **5**, **6** e **10**, que são unidades de conservação de uso sustentável.

Fábio Colombini/Acervo do fotógrafo

Comunidade Quilombola de Conceição das Crioulas. Salgueiro (PE), 2012.

Fábio Colombini/Acervo do fotógrafo

Dança de roda e cantos na Festa do Wapté, ritual do adolescente do povo indígena xavante. Aldeia São José, Campinápolis (MT), Terra Indígena Parabubure, setembro de 2021.

c) Você já visitou ou gostaria de visitar uma dessas unidades de conservação mostradas no mapa? Faça uma pesquisa sobre o que se pode conhecer em uma visita à UC escolhida (você pode escolher outra que não esteja no mapa, se preferir). Então, produza um cartaz em formato digital para divulgar as atrações e as regras dessa UC. Divulgue para os colegas e familiares.

7. Leia o texto a seguir.

> [...] Estudos mostram que desde o final dos anos 70 a demanda da população mundial por recursos naturais é maior do que a capacidade do planeta em renová-los.
>
> Dados mais recentes demonstram que estamos utilizando cerca de 50% a mais do que o que temos disponível em recursos naturais, ou seja, precisamos de um planeta e meio para sustentar nosso estilo de vida atual. [...]

PEGADA ecológica global. *WWF Brasil*. Disponível em: https://ecoangola.com/pegada-ecologica-entenda-o-que-significa-e-calcule-a-sua/. Acesso em: 25 abr. 2023.

a) Neste capítulo, estudamos a biodiversidade, o desenvolvimento sustentável, a pegada ecológica e as unidades de conservação. A qual desses temas o texto se relaciona diretamente? Justifique sua resposta.

b) Cite exemplos de duas ações que poderiam ser aplicadas no cotidiano da cidade onde você vive para mudar o estilo de consumo que leva ao esgotamento de recursos naturais.

Reprodução do Livro do Estudante em tamanho reduzido.

#Mural de ideias

Para finalizar o estudo desta unidade, vamos retomar os principais conceitos estudados até aqui?

Evolução biológica e Genética

Lamarck – relacionou a evolução dos seres vivos à lei do uso e desuso e à lei da transmissão dos caracteres adquiridos para os descendentes.

Darwin – explicou a evolução biológica por meio da seleção natural e da adaptação.

Teoria Sintética da Evolução – união da teoria de Darwin sobre evolução com os conhecimentos de Genética, permite explicar a variabilidade de características em uma população e a transmissão de características para os descendentes.

Evidências do processo evolutivo – fatos e observações que dão suporte à teoria evolutiva.

Especiação – é o nome dado ao processo de formação de novas espécies.

Hereditariedade e Genética

Marco no estudo da hereditariedade, o trabalho de Gregor Mendel com os cruzamentos entre plantas de ervilhas identificou os padrões de herança de determinadas características.

Entre as conclusões de Mendel, está o reconhecimento de que para algumas características existem variações que são dominantes e outras recessivas.

A partir dos conhecimentos sobre o DNA, foi possível identificar os genes, localizados nos cromossomos, como os fatores que transmitem informações genéticas de uma geração para a seguinte por meio dos gametas.

Em diferentes espécies, várias características são determinadas conforme a primeira lei de Mendel, como é o caso dos tipos sanguíneos do ser humano (sistemas ABO e Rh).

Aplicações da Genética

A Biotecnologia é a área da ciência que estuda o uso dos organismos vivos para desenvolver tecnologias, criar ou modificar produtos e resolver problemas.

Algumas das aplicações da Engenharia genética são o desenvolvimento de organismos geneticamente modificados, como os transgênicos, a clonagem reprodutiva e a terapêutica, a terapia gênica e o uso de testes de DNA na resolução de crimes e em testes de paternidade, por exemplo.

Discutir e regulamentar as questões éticas envolvidas nas pesquisas e aplicações da Engenharia genética são ações importantes no processo de desenvolvimento dessa área.

Conservação da biodiversidade

A biodiversidade se relaciona ao conjunto de espécies de um local ou de todo o planeta.

Atividades humanas ameaçam a biodiversidade devido à destruição de *habitat* e à redução das populações de diferentes espécies.

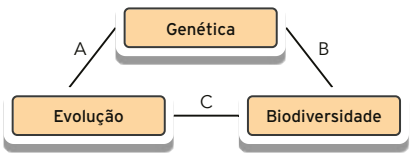
Ações de proteção da biodiversidade, como a criação de UCs, são muito importantes para garantir o equilíbrio ambiental.

O desenvolvimento sustentável é uma forma de desenvolvimento econômico e social aliada à conservação dos recursos naturais para as futuras gerações. Para conservar os recursos naturais, é necessário proteger os ambientes e a biodiversidade.

#Para terminar

NÃO ESCREVA NO LIVRO

1 Retome os temas que estudamos nesta unidade e elabore uma ou mais frases que expliquem as relações entre os temas, indicadas por **A**, **B** e **C** no esquema a seguir.



2 Com base no que você aprendeu nessa unidade, retome suas respostas do boxe #Para iniciar e faça correções, se necessário.

1 e **2.** Respostas pessoais. Consulte as Orientações didáticas.

Reprodução do Livro do Estudante em tamanho reduzido.

Orientações didáticas

Sugerimos que retome brevemente com os estudantes os objetivos apresentados nesta unidade para verificar se houve alguma defasagem ou dificuldade de aprendizagem no decorrer do trabalho com o conteúdo.

Caso isso ocorra, faça uma breve revisão, apresentando os conteúdos que julgue mais pertinentes para o desenvolvimento da turma. Você pode utilizar a seção *#Mural de ideias* como ferramenta para averiguar e sanar possíveis dúvidas.

#Mural de ideias

O *#Mural de ideias* apresenta as principais ideias trabalhadas na unidade. Inicialmente, sugerimos que solicite aos estudantes que leiam em voz alta o esquema e anotem no caderno uma frase ou palavras sobre o que eles compreenderam e possíveis dúvidas.

Peça que expressem suas dúvidas e solicite que todos contribuam na resolução dessas dúvidas, tornando-os protagonistas na construção do conhecimento.

O *#Mural de ideias* também pode ser copiado no caderno ou utilizado como avaliação. Nesse caso, solicite aos estudantes que desenvolvam um resumo, um esquema, um diagrama com texto e imagem ou um mapa conceitual impresso ou digital sobre um ou mais temas apresentados nos pequenos boxes.

Outra abordagem que pode utilizada é pedir aos estudantes que selecionem as palavras ou expressões que eles consideram mais importantes de cada quadro do mural. Então, oriente-os a elaborar um *flashcard* físico ou virtual (nesse caso, recomendamos a ferramenta *Quizlet,* disponível em: https://quizlet.com/pt-br; acesso em: 31 maio 2022), relacionando as expressões ou palavras destacadas com os seus conceitos, exemplos ou imagens. O objetivo dessa proposta é fixar o conteúdo e favorecer a associação dos principais conceitos discutidos na unidade.

#Para terminar

Este boxe tem o objetivo de estimular a interação entre os estudantes e a revisão de alguns pontos da unidade, permitindo que eles percebam a evolução dos conhecimentos adquiridos. Além disso, algumas atividades podem favorecer que os estudantes comparem suas concepções prévias com o que aprenderam nos estudos da unidade. Aproveite esse momento para pedir aos estudantes que retomem as questões do boxe *#Para iniciar.*

Você pode reservar um tempo para que eles respondam às atividades no caderno. Depois, peça a eles que se dividam em grupos e comparem, oralmente, as respostas dadas, reformulando-as durante os debates. Atente aos estudantes que mostrarem dificuldade em responder às questões e retome os conteúdos que eles manifestarem maiores dificuldades.

Proporcione um ambiente em que eles se sintam confortáveis para se expressarem. Outra opção é escrever algumas perguntas em tiras de papel e pedir aos estudantes que sorteiem e respondam em pequenos grupos ou com a turma toda, estimulando o debate.

1. Espera-se que os estudantes identifiquem que foi por meio dos estudos da biodiversidade, de como as características eram pesadas entre os seres vivos, que se desenvolveram os conceitos de evolução e Genética, por exemplo. Ambos buscam explicar como a biodiversidade se formou e se estabeleceu em nosso planeta.

2. Espera-se que, ao retomar as respostas do boxe *#Para iniciar*, os estudantes observem que quais das suas concepções se modificaram e quais foram os conhecimentos construídos ao longo desse capítulo.

Unidade 2

#Foco na BNCC e nos TCT

Competências gerais
1 e 2.

Competências específicas de Ciências da Natureza
1, 2 e 3.

Habilidades
EF09CI01, EF09CI02, EF09CI03 e EF09CI07.

Temas Contemporâneos Transversais
- Saúde
- Ciência e Tecnologia

UNIDADE 2

COMPOSIÇÃO DA MATÉRIA

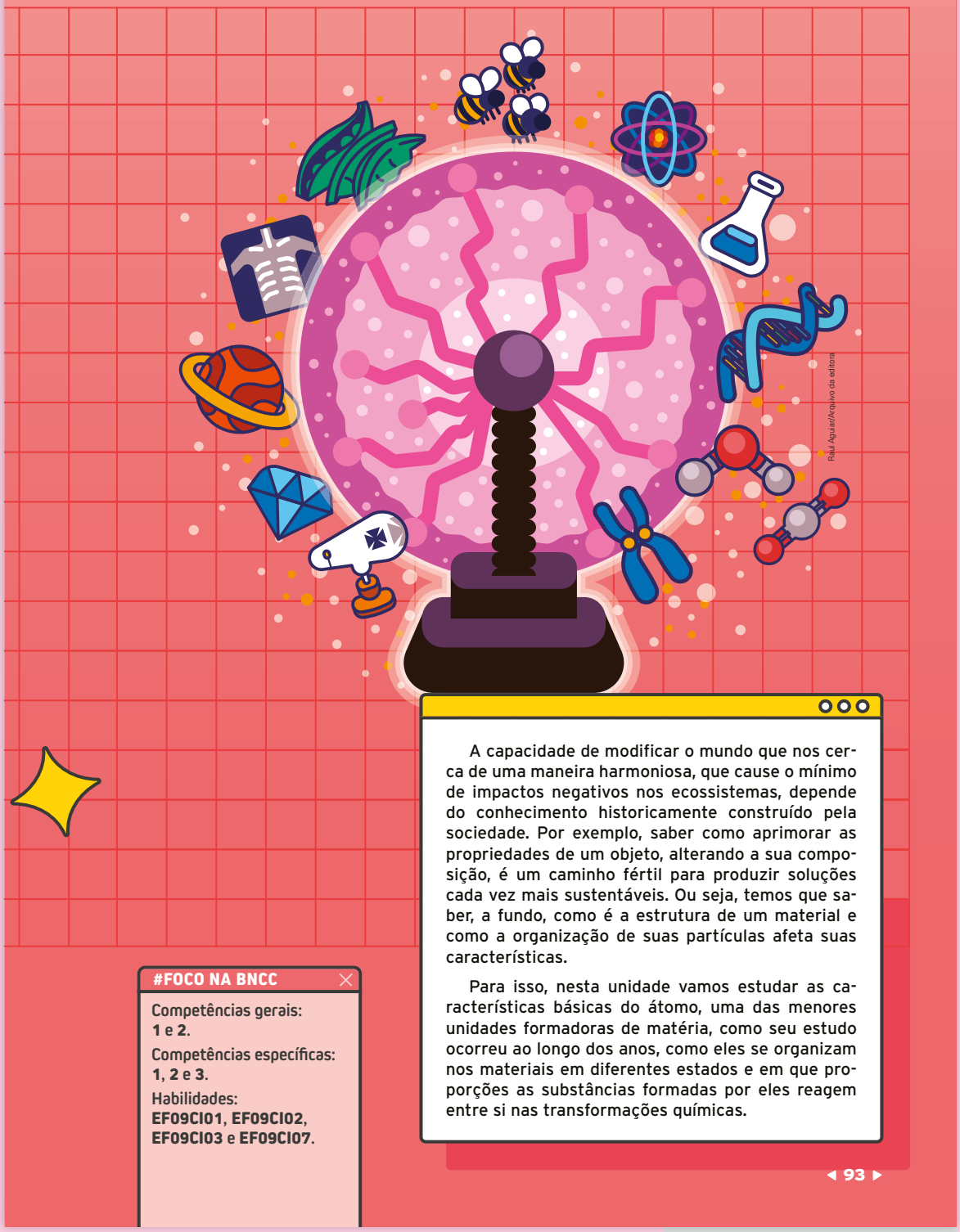
Reprodução do Livro do Estudante em tamanho reduzido.

Conceitos da Unidade

Historicidade das teorias atômicas, experimentação e evidências científicas, representações por modelos, fenômenos radioativos, tipos de radiação, radiações aplicadas ao desenvolvimento científico e tecnológico, radiações aplicadas a tratamentos de saúde e diagnósticos por imagem, graus de agregação da matéria e fatores que influenciam as mudanças de estado físico da matéria, evidências de reações químicas, proporções aplicadas à quantificação de substâncias em uma reação química, leis ponderais.

Conteúdos procedimentais
- Diferenciar os modos de representação da matéria ao longo do desenvolvimento científico historicamente construído.
- Aplicar o método científico em situações que envolvem investigação.
- Verificar as condições necessárias para o uso seguro e responsável das radiações em tratamentos de saúde, no processamento de alimentos, em tratamentos de resíduos, na produção de energia elétrica, entre outros benefícios proporcionados pelos estudos na área da Radioatividade.
- Relacionar os tipos de radiação a diferentes técnicas de diagnóstico por imagem.
- Associar os graus de agregação da matéria com a energia cinética das partículas presentes em um sistema.
- Identificar as razões das mudanças de estado físico da matéria, com base na interpretação dos fatores envolvidos nesse tipo de transformação física.
- Relacionar quantidades de substâncias envolvidas em uma reação química, aplicando noções de proporção e de conservação da matéria.

Conteúdos atitudinais
- Reconhecer a provisoriedade de algumas teorias científicas.
- Tomar decisões baseando-se em conhecimentos científicos historicamente construídos e reconhecidos.
- Interagir com outras pessoas, de forma colaborativa, na busca de soluções de problemas coletivos.
- Debater assuntos relevantes para a sociedade, baseando-se em dados verídicos e confiáveis e respeitando divergências de opiniões.
- Utilizar os fundamentos da área de Ciências da Natureza para ajudar outras pessoas a compreenderem os princípios de alguns fenômenos naturais, promovendo o crescimento intelectual individual e o coletivo.



A capacidade de modificar o mundo que nos cerca de uma maneira harmoniosa, que cause o mínimo de impactos negativos nos ecossistemas, depende do conhecimento historicamente construído pela sociedade. Por exemplo, saber como aprimorar as propriedades de um objeto, alterando a sua composição, é um caminho fértil para produzir soluções cada vez mais sustentáveis. Ou seja, temos que saber, a fundo, como é a estrutura de um material e como a organização de suas partículas afeta suas características.

Para isso, nesta unidade vamos estudar as características básicas do átomo, uma das menores unidades formadoras de matéria, como seu estudo ocorreu ao longo dos anos, como eles se organizam nos materiais em diferentes estados e em que proporções as substâncias formadas por eles reagem entre si nas transformações químicas.

#FOCO NA BNCC

Competências gerais: **1** e **2**.

Competências específicas: **1**, **2** e **3**.

Habilidades: **EF09CI01**, **EF09CI02**, **EF09CI03** e **EF09CI07**.

Reprodução do Livro do Estudante em tamanho reduzido.

Orientações didáticas

Pode ser um grande desafio ensinar conceitos relacionados ao mundo invisível da matéria. Mesmo que tenhamos a nosso favor um grande interesse e disposição para imaginar, por parte de estudantes mais jovens, como no Ensino Fundamental, temos de nos limitar aos conceitos relacionados a conteúdos familiares aos estudantes.

Falar das teorias atômicas, por exemplo, exige um constante exercício de manipular modelos, buscar analogias, propor experimentos mentais e outras estratégias que ajudem o estudante na construção de sua concepção da menor unidade da matéria e das principais partículas subatômicas, da maneira mais coerente possível.

No entanto, não podemos ser simplistas demais, por exemplo, dizendo que o átomo é formado apenas por prótons, nêutrons e elétrons, pois é importante que os estudantes finalizem o 9º ano sabendo que o modelo atômico atual é o modelo quântico; porém, sem mergulhar na física de partículas.

O mesmo ocorre quando abordamos os cinco estados físicos da matéria. O caminho seguro é o resgate dos conhecimentos prévios e, portanto, dos três estados naturais mais conhecidos. Os estados de plasma e o condensado de Bose-Einstein podem ser mencionados sem tanta ênfase, pois o foco principal desta unidade é construir a relação entre os graus de agregação da matéria e os fatores que atuam nesses estados, como pressão e temperatura do ambiente.

Voltando à maneira como as teorias atômicas podem ser apresentadas aos estudantes, os experimentos que envolvem emissão de partículas, como nas descrições das descobertas do elétron e do próton, abrem uma vertente para a discussão sobre uma área do conhecimento que terá um capítulo todo dedicado a ela: a Radioatividade.

Retomando a estratégia de apresentar aos estudantes informações que se conectam com assuntos estudados anteriormente (ampola de Crookes, plasma, ionização, excitação eletrônica, interação entre matéria e energia, entre outros), o foco principal é oferecer meios para que eles aprendam a reconhecer os diferentes tipos de radiação que são aplicados de maneira controlada e segura nas áreas da saúde, da produção de alimentos e da remediação ambiental, por exemplo.

Diferentemente da unidade anterior, o fechamento desta unidade retoma os conceitos associados às transformações químicas, trabalhados no 6º ano, e introduz a noção de proporção aplicada a reações químicas. Utilizar os conhecimentos sobre as receitas culinárias, adquiridos por meio do senso comum como ponto de partida, é uma estratégia de sensibilização que pode ser utilizada para apresentar as leis ponderais.

Informe também que a ilustração de abertura da unidade não tem caráter científico, mas lúdico. O objetivo é despertar o interesse dos estudantes.

Orientações didáticas

Neste capítulo, será trabalhada a construção da teoria dos modelos atômicos elaborados ao longo da história, identificando as características de cada modelo proposto, para compreender os diferentes aspectos relacionados ao seu desenvolvimento e a importância das teorias que explicam a estrutura, a composição e o comportamento da matéria, favorecendo o trabalho com a habilidade EF09CI03. Inicialmente, sugerimos que chame a atenção dos estudantes para a fotografia de abertura e explique que, ao longo do tempo, diversos cientistas estudaram as características e a composição da matéria, elaborando diferentes linguagens científicas, com base na construção de modelos e símbolos, a fim de compreender e explicar o comportamento e a constituição da matéria. Para isso, construíram instrumentos que possibilitaram a realização de diferentes experimentos, os quais ajudaram na comprovação dessas teorias.

Depois, você pode perguntar aos estudantes do que são feitos os diferentes materiais que nos cercam. Pode ser que alguns estudantes tenham dificuldade em explicar essa composição. Dessa forma, sugerimos que você registre, por exemplo, no quadro de giz ou na lousa, as respostas dos estudantes e solicite a eles que elaborem uma linha do tempo, para interligar as características apresentadas por eles. Observe se eles indicam alguma teoria que explica a composição da matéria. Ao longo deste capítulo, eles podem complementar a linha temporal a fim de ampliar seu conhecimento sobre o tema.

#Para iniciar

Este boxe tem o objetivo de auxiliá-lo(a) na identificação dos conhecimentos, das habilidades, das atitudes e dos valores dos estudantes. Por isso, sugerimos que eles realizem o registro de suas respostas iniciais no caderno, a fim de que possam ser retomadas e revistas no final do capítulo. Isso contribuirá para que se tornem conscientes do desenvolvimento de suas aprendizagens e da construção de seu conhecimento.

Você também pode utilizar as atividades apresentadas para verificar as fontes de informação usadas pelos estudantes.

Sugestões de respostas e comentários às questões propostas:

CAPÍTULO 5

Do que é feita a matéria

Objetivo do capítulo

- Reconhecer os principais modelos de estrutura da matéria em nível atômico ao longo da história.

Na BNCC

Habilidade: EF09CI03.

anttoniart/Shutterstock

A cada nova informação, uma peça é adicionada ao quebra-cabeça da constituição da matéria.

Há muitos anos a humanidade se pergunta: "Do que as coisas são feitas?". Por algum tempo, não se conheciam meios de testar as diversas hipóteses existentes para essa questão. Ao estudar registros históricos de trabalhos científicos, identificamos alguns momentos em que novas informações permitiram conhecer a matéria cada vez mais a fundo. O desafio de tentar descrever aquilo que não se conseguia enxergar estimulou vários cientistas a procurar sinais, efeitos e fenômenos que validassem suas teorias. Essa busca, por sua vez, fez surgir outras perguntas e impulsionou avanços científicos que tornaram o mundo como ele é hoje.

Mas, afinal, qual será a importância de se conhecer a composição da matéria? Arquitetar novos materiais, transformar a matéria, inventar novos dispositivos, enfim, iniciar revoluções tecnológicas, depende, em primeiro plano, da compreensão de como os diversos tipos de materiais podem ser formados.

Neste capítulo, vamos conhecer os principais acontecimentos históricos que levaram a sociedade a trilhar uma investigação sobre os mistérios da matéria. Para isso, você será convidado a exercitar sua imaginação, ajudado por teorias e esquemas que tentam modelar o que não enxergamos.

NÃO ESCREVA NO LIVRO

#Para iniciar

- Que caminhos foram percorridos para que a ciência elucidasse os mistérios sobre a constituição da matéria?
- O que a humanidade sabe sobre a menor estrutura formadora da matéria?

Respostas pessoais para mobilização dos conhecimentos prévios dos estudantes. Consulte as Orientações didáticas.

Reprodução do Livro do Estudante em tamanho reduzido.

- Espera-se que os estudantes respondam que foram percorridos os caminhos de muitas teorias, ideias e análises de resultados experimentais que promoveram, pouco a pouco, a compreensão da composição e do comportamento da matéria.
- Espera-se que os estudantes indiquem que o átomo é considerado a menor estrutura da matéria e que ele é composto de partículas que possuem diferentes características e comportamentos.

A partícula fundamental da matéria

A curiosidade sobre a menor parte da matéria, ou seja, aquela parte de um material que não pode mais ser dividida sem que suas propriedades sejam perdidas, intriga os cientistas até hoje. Desde os primeiros pensadores sobre esse assunto, mesmo com tantos avanços científicos, de tempos em tempos, alguma novidade é desvendada.

Você já teve contato com a palavra "átomo"? Saberia descrevê-lo para alguém, seja por meio de palavras, seja por meio de um desenho?

O átomo é considerado uma **partícula fundamental**, ou seja, a menor parte da matéria. Para compreender o porquê disso, vamos analisar como algumas pessoas tentaram descrever a estrutura formadora da matéria através dos tempos.

De uma simples esfera maciça até uma conjunção de conceitos matemáticos, a ideia da menor unidade que compõe a matéria evoluiu, ao longo do tempo, acompanhando o desenvolvimento tecnológico.

#Para refletir

1. Resposta pessoal. Consulte as Orientações didáticas.

NÃO ESCREVA NO LIVRO

1 **Como a ciência vive em constante processo de mudança, alguns conhecimentos são provisórios. Você percebe os reflexos dessa característica da ciência em seu cotidiano? Pense em um exemplo de trabalho científico ou de invenção tecnológica que alterou a sua rotina nos últimos tempos. Resuma esse exemplo em uma palavra ou expressão curta.**

As hipóteses filosóficas

Vamos começar nossa análise pelo surgimento da palavra "átomo", no período histórico chamado de Antiguidade. Dois filósofos gregos, Leucipo (século V a.C.) e Demócrito (460 a.C.-370 a.C.), propuseram a ideia de que, ao dividir um material em pedaços cada vez menores, haveria um momento em que encontraríamos uma partícula indivisível, isto é, que não poderia mais ser dividida. Essa menor partícula indivisível da matéria foi batizada de **átomo** (do grego, *a* = "não"; *tomo* = "divisão").

A **hipótese do atomismo**, como a ideia ficou conhecida, entretanto, enfrentou um impasse na Grécia antiga. Naquele momento, existia outra corrente filosófica mais influente: a aristotélica. Segundo a **teoria dos quatro elementos**, de Aristóteles (384 a.C.-322 a.C.), tudo que existia seria formado pela conjunção de ar, água, terra e fogo. Como ambas as correntes tinham como base **postulados**, ou seja, explicações que não podem ser comprovadas no momento em que são propostas, aquela que tinha mais adeptos foi considerada a mais adequada.

A palavra **elemento** apresenta diferentes significados conforme o contexto em que está inserida. Em situações cotidianas, pode ser aplicada para expressar uma parte em relação a um todo ou um componente de um conjunto. No nosso estudo, porém, devemos ter cuidado com o uso desse termo para que não surjam dúvidas sobre o que pretendemos falar. Dentro do pensamento filosófico aristotélico, por exemplo, elemento refere-se a algum dos representantes da natureza: o ar, a água, o fogo ou a terra. Já na Química, em geral, elemento refere-se a um grupo ou uma classe de átomos que apresentam algumas semelhanças em termos de constituição química.

Reprodução do Livro do Estudante em tamanho reduzido.

Orientações didáticas

Para iniciar o trabalho com esse conteúdo, sugerimos que você pegue algum objeto, por exemplo, um lápis. Peça aos estudantes que expliquem, com base em suas concepções, do que ele é formado. Caso eles respondam, por exemplo, que o lápis é formado de madeira e grafite, peça-lhes que expliquem do que o grafite é composto. Após as respostas dos estudantes, você pode explicar que o grafite é composto de átomos do elemento químico carbono e, em seguida, perguntar se eles já viram um átomo de carbono.

Observe se eles explicarão que não é possível "ver" um átomo de carbono, uma vez que o átomo é a menor partícula da matéria. Caso isso não ocorra, você pode introduzir o tema. Para isso, leia o texto da página com os estudantes, enfatizando o resgate histórico desde as ideias propostas pelos filósofos gregos para explicar o que é o átomo; depois, reforce a etimologia da palavra átomo, para que eles comecem a relacionar as concepções propostas pelos gregos ao modelo formulado por Dalton.

Nesse momento é favorecido o trabalho com a competência específica 1 de Ciências da Natureza.

Em seguida, se achar pertinente e houver disponibilidade, você pode começar a organizar com a turma uma nova linha do tempo da constituição da matéria, a ser exposta no mural, e completá-la com os estudantes ao longo das aulas. Comecem localizando as hipóteses filosóficas e sigam adicionando as outras teorias que serão estudadas no capítulo.

#Para refletir

1. Esta atividade também pode ser realizada em grupo. Peça aos estudantes que se reúnam em grupos para elaborar suas respostas e que registrem o resultado das discussões. Em seguida, solicite aos grupos que leiam em voz alta suas respostas, e verifique se são parecidas ou diferentes. Promova um momento de discussão com a turma.

Orientações didáticas

Para iniciar, sugerimos que escolha um estudante para ler cada parágrafo do texto em voz alta. Continue o resgate histórico e enfatize a influência dos estudos alquímicos na ciência.

Você pode perguntar aos estudantes se eles conhecem o termo alquimia. Pode ser que eles relacionem essa palavra com magia e esoterismo. Se for o caso, você pode explicar que essas concepções não estão corretas e dizer que essa associação remonta à Idade Média, quando muitos alquimistas foram confundidos com magos por fazerem experiências com substâncias pouco conhecidas na época. Reforce a contribuição das ideias, das técnicas e dos instrumentos desenvolvidos pelos alquimistas para o desenvolvimento científico e tecnológico. Comente também a importância das pesquisas realizadas por Antoine Lavoisier para o desenvolvimento da Química.

Ao final, caso tenha elaborado a linha do tempo com os estudantes, peça a eles que adicionem os novos conteúdos.

#Para saber

Tudo se transforma, história da Química, alquimia
Nesse vídeo, com cerca de 14 minutos, você conhecerá a história dos alquimistas e suas contribuições para o desenvolvimento da Química.
Disponível em: https://www.youtube.com/watch?time_continue=498&v=12MXsViD6Sk&feature=emb_logo. Acesso em: 27 abr. 2022.

#A ciência é feita por pessoas

Este boxe busca destacar os grandes nomes por trás das pesquisas e descobertas científicas, bem como o contexto histórico no qual elas foram realizadas. Conhecer História e Filosofia da ciência é fundamental para a compreensão de que a ciência é um processo dinâmico e mutável, relacionado com diversos fatores do cotidiano e da dinâmica da natureza, e que seus diversos conceitos foram desenvolvidos com base na metodologia científica, levando em consideração os conhecimentos adquiridos posteriormente em uma cultura ou pela comunidade científica.

O conceito aristotélico para a constituição da matéria esteve em vigor por mais de 2 mil anos. Seus princípios influenciaram o surgimento da alquimia, que contava, entre outras ideologias, com a crença no elixir da longa vida e na transmutação de metais comuns em ouro.

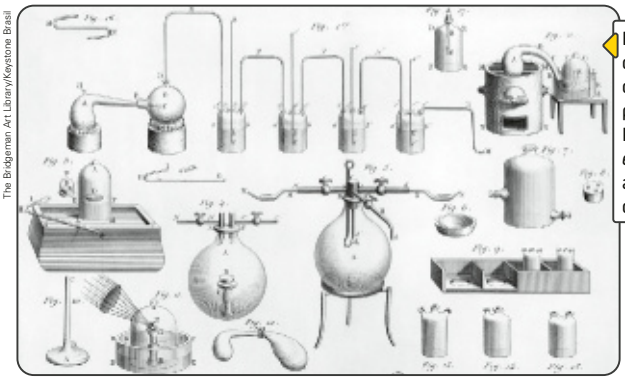
A Revolução Científica da segunda metade do século XVII foi o início do declínio da teoria dos quatro elementos. A partir do momento em que o método científico foi estabelecido, tudo aquilo que não podia ser explicado pela lógica, por leis ou por experimentos reprodutíveis era contestado. A alquimia foi dando lugar à Química, em grande parte pela iniciativa de um respeitado alquimista: Robert Boyle (1627-1691). Boyle foi substituindo as receitas de tentativa e erro dos alquimistas por procedimentos mais criteriosos, com aparelhos de medidas, transformando os laboratórios em locais de investigação sistemática e de reflexão baseada em dados concretos.

O método científico difundido por Boyle foi incorporado por outros estudiosos dos fenômenos naturais, fazendo com que a Química surgisse como ciência no final do século XVIII. A publicação da obra *Tratado elementar de Química*, em 1789, pelo químico francês Antoine Lavoisier (1743-1794), é considerada o marco histórico dessa transição da alquimia para a Química.

#A ciência é feita por pessoas

Além de cientista renomado, Lavoisier era um nobre da aristocracia francesa e atuou como coletor de impostos durante o reinado de Luís XVI. Esse, porém, era um dos cargos mais odiados pela população de camponeses e comerciantes, a qual, literalmente, pediu a cabeça de tais rendeiros de impostos, como eram chamados. Por causa disso, em 8 de maio de 1794, Lavoisier, juntamente com outros 27 coletores gerais, foi guilhotinado em praça pública. Esse fato ocorreu no auge da Revolução Francesa.

Lavoisier foi casado com Marie-Anne Pierrette Paulze (1758-1836), responsável por traduzir livros e artigos de seu marido e possibilitar que suas teorias fossem disseminadas no meio científico. Além disso, Marie-Anne produziu as ilustrações de equipamentos de laboratório utilizados por Lavoisier, fez anotações e observações a respeito de suas pesquisas e o auxiliou em seus experimentos, enquanto vivo. Após seu falecimento, ela editou e publicou obras científicas em nome de Lavoisier, concluindo a divulgação de seu trabalho.



The Bridgeman Art Library/Keystone Brasil

Experimento da decomposição da água, gravura de instrumentos de medida usados por Lavoisier produzida por Marie-Anne Paulze e publicada na obra *Tratado elementar de Química*. Essa obra está arquivada na Bibliothèque Nationale de France, em Paris (França).

Elaborado com base em: EAGLE, C. T.; SLOAN, J. Marie-Anne Paulze Lavoisier: The Mother of Modern Chemistry. *Chem. Educator*, Carolina do Norte (EUA), v. 3, n. 5, p. 1-18, 1998.

Reprodução do Livro do Estudante em tamanho reduzido.

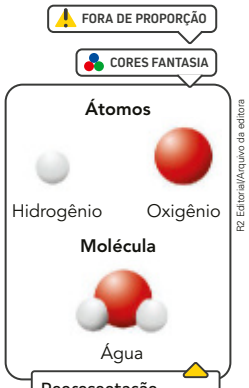
Sugerimos que você reforce a importância dos trabalhos de Lavoisier, bem como da parceria de sua esposa Marie-Anne Pierrette Paulze, para o desenvolvimento da Química. Peça aos estudantes que pesquisem as diferentes aplicações dos equipamentos de laboratório desenvolvidos por Lavoisier hoje em dia e estimule-os a compartilhar em uma roda de conversa.

O atomismo e o modelo de Dalton

John Dalton (1766-1844) foi um físico inglês que contribuiu muito para os avanços científicos nas áreas da Física e da Química no início do século XIX. Entre outros estudos, ele publicou relatos a respeito do comportamento de gases quando submetidos a variações de pressão e de temperatura, e propôs fórmulas com base em medidas de massas para descrever substâncias.

Você pode estar se perguntando: "Mas o que isso tem a ver com as ideias sobre a constituição da matéria?". Para poder entender o comportamento de algumas substâncias que estava estudando, Dalton percebeu que as ideias alquimistas não eram suficientes para fundamentar suas hipóteses. Assim, ele se viu obrigado a propor outras teorias que oferecessem explicações mais coerentes para os fenômenos que havia observado. Foi aí que resgatou de manuscritos antigos as ideias dos filósofos atomistas Leucipo e Demócrito.

Em 1808, Dalton publicou uma teoria que propunha que o átomo era a menor porção da matéria e o descrevia como uma **partícula esférica maciça**, **indivisível** e **indestrutível**. Com base nessas características, o modelo atômico de Dalton ficou conhecido como **modelo da bola de bilhar**. Durante noventa anos, esse modelo foi utilizado para explicar a constituição da matéria. Com base nesse conceito e em seus estudos, Dalton chegou a uma conclusão de como os átomos se combinavam para formar as substâncias.

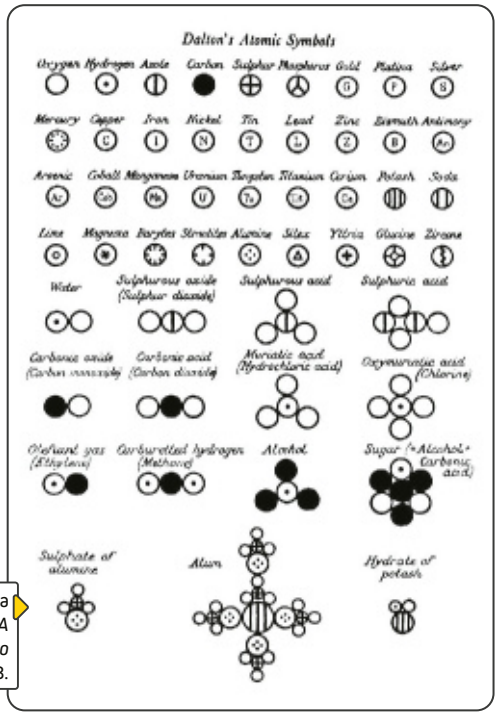


R2 Editorial/Arquivo da editora

Representação esquemática da organização dos átomos de hidrogênio e oxigênio na constituição da substância água.

Atualmente, usamos as características propostas pelo modelo de Dalton para representar graficamente átomos em determinadas situações, como na representação esquemática da água. Observe que, neste tipo de representação, adotamos cores e tamanhos específicos para cada elemento, como hidrogênio (branco) e oxigênio (vermelho). Esses recursos são úteis para diferenciar cada tipo de átomo e, geralmente, são sistematizados ou padronizados.

Apesar de usarmos um sistema de representação baseado no modelo da bola de bilhar e sistematizado por cores, os trabalhos de Dalton não continham essas representações atômicas. No lugar de esferas coloridas, o cientista desenvolveu um sistema de símbolos para representar átomos de elementos químicos diferentes. A escolha pela criação de símbolos pode ter sido feita, em parte, porque Dalton tinha daltonismo e, portanto, não conseguia diferenciar determinadas cores.



SPL/Fotoarena

Sistema de símbolos criado por Dalton para representar elementos químicos publicado em *A New System of Chemical Philosophy* [*Um novo sistema de Filosofia Química*], em 1808.

Reprodução do Livro do Estudante em tamanho reduzido.

Orientações didáticas

Após a leitura do texto, peça aos estudantes que expliquem as semelhanças entre o modelo de Dalton e as concepções sobre os átomos de Leucipo e Demócrito, vistas anteriormente. Verifique como eles relacionam essas ideias. Se achar pertinente, você pode retomar os conteúdos estudados anteriormente.

Em seguida, você pode reforçar com os estudantes o uso de diferentes símbolos para representar átomos e diversos elementos químicos empreendidos por Dalton, precursor das representações gráficas dos átomos. É importante que eles compreendam como o uso de representações contribuiu para a interpretação das características e dos comportamentos de elementos químicos e de substâncias, bem como das representações simbólicas usadas na Química e em outras Ciências.

Caso tenha optado por montar a linha do tempo com os estudantes, peça-lhes que adicionem as novas informações aprendidas.

#Para saber

A importância da simbologia no ensino de Química e suas correlações com os aspectos macroscópicos e moleculares

Nesse texto, você poderá saber mais sobre a importância do uso de símbolos para a compreensão de diferentes aspectos relacionados à Química. Disponível em: https://revistapos.cruzeirodosul.edu.br/index.php/rencima/article/view/1342/1025. Acesso em: 1º maio 2022.

Orientações didáticas

#Integrando as Ciências

O texto deste boxe possibilita o trabalho interdisciplinar ao oferecer aos estudantes a oportunidade de estabelecer a conexão entre diferentes componentes curriculares, evitando a rígida compartimentalização do conhecimento.

Ao trabalhar o texto, sugerimos que comente com os estudantes sobre a importância da leitura crítica de matérias jornalísticas. No caso, problematize o emprego controverso das palavras "descoberta" e "anomalia".

Dependendo da acepção com que se interpreta a palavra "descoberta", ela pode levar o leitor a entender que o conhecimento científico é uma entidade que já existe na natureza, independente da atividade dos cientistas, e que eles simplesmente a encontram. Essa visão realista e empirista do conhecimento científico é considerada ingênua e é criticada pelas visões epistemológicas contemporâneas (VECs). As VECs questionam a concepção objetivista do conhecimento e enfatizam que ele é construído socialmente e é influenciado pelo contexto em que é produzido.

A palavra "anomalia" remete ao desvio em relação à norma. Atualmente, entende-se que essa palavra pode ser interpretada com uma carga semântica pejorativa e contribuir para o preconceito e a estigmatização de pessoas e, por isso, busca-se evitar o seu uso. Desse modo, é mais indicado que o daltonismo seja caracterizado como uma condição genética.

Você pode perguntar aos estudantes se eles conhecem alguém que tem daltonismo e, caso conheçam, se sabem o que essas pessoas fizeram para se adaptar. Se achar pertinente, peça a eles que leiam em casa a matéria indicada no boxe *#Para ler* e pesquisem outros recursos para a inclusão de daltônicos. Os estudantes podem elaborar cartazes físicos ou digitais sobre esses recursos e apresentá-los em uma aula a ser escolhida por você. Dessa forma, você mobiliza as competências específicas 2 e 3 de Ciências da Natureza.

#Para saber

Dificuldades e avanços nos recursos de inclusão para daltônicos
Essa matéria jornalística aponta dificuldades e comenta avanços na criação de recursos para a inclusão de daltônicos.
Disponível em: https://www.comciencia.br/dificuldades-e-avancos-nos-recursos-de-inclusao-para-daltonicos. Acesso em: 23 maio 2022.

#Integrando as Ciências

Dalton e o daltonismo

Pai da teoria atômica descobriu a anomalia

O daltonismo, ou discromatopsia, foi descoberto em 1794 pelo químico e físico britânico John Dalton [...], o mesmo que formulou a teoria atômica. Ele apresentou a primeira descrição da anomalia genética da qual ele próprio sofria.

Em 1801, o físico inglês Thomas Young formulou a primeira explicação científica para a sensibilidade do olho humano às cores.

Cerca de 50 anos mais tarde, Hermann von Helmholtz, físico e fisiologista alemão, desenvolveu a hipótese de Young e a converteu em teoria, que se tornou universalmente aceita.

Assim, de acordo com a teoria de Young-Helmholtz, a retina possui três espécies de células sensíveis: os cones. Cada cone é composto por pigmentos sensíveis a um dos três comprimentos de onda de luz: o Protan é o cone sensível ao vermelho; o Deutan, ao verde; e o Tritan, ao azul. A percepção limitada das cores ocorre quando uma ou mais das três espécies de cone não funcionam adequadamente.

O daltonismo é hereditário, com transmissão ligada ao cromossomo X. Para ter a anomalia, a mulher precisa possuir o gene recessivo nos dois cromossomos X, daí a razão para a maior incidência do problema em homens, que têm um cromossomo X e um cromossomo Y. [...]

Os tipos de daltonismo são classificados como:

Deuteranomalia: Tipo menos grave e mais comum, é a dificuldade em distinguir tonalidades de verde.

Protanomalia: Dificuldade em distinguir tons de vermelho.

(Em ambos os casos anteriores, a cor que causa confusão assume um tom acinzentado)

Tritanomalia: Dificuldade em reconhecer cores na faixa do azul-amarelo.

Monocromia: Tipo mais raro de daltonismo, em que tudo é enxergado em preto, branco e tons de cinza.

Há ainda a dicromacia, que é a ausência de um tipo específico de cone. Esse defeito genético pode apresentar-se sob três formas, impedindo a percepção do vermelho [**protanopia**], do verde [**deuteranopia**] ou do azul [**tritanopia**].

AGÊNCIA SENADO. Pai da teoria atômica descobriu a anomalia. *Senado Notícias*, Brasília, DF, 13 jul. 2009. Disponível em: https://www12.senado.leg.br/noticias/especiais/especial-cidadania/confusao-na-identificacao-das-cores/pai-da-teoria-atomica-descobriu-a-anomalia. Acesso em: 23 mar. 2022.

A seguir, simulação da visão de uma mesma imagem por uma pessoa sem daltonismo e por pessoas com diferentes tipos dessa condição genética:

Levente Fazakas/Shutterstock

Sem daltonismo.

Levente Fazakas/Shutterstock

Com deuteranopia.

Reprodução do Livro do Estudante em tamanho reduzido.

Levente Fazakas/Shutterstock

#Para interpretar

NÃO ESCREVA NO LIVRO

1 Após a leitura do texto sobre o daltonismo, você consegue propor uma explicação para o fato de os órgãos que expedem carteiras de habilitação fazerem testes para identificar se uma pessoa é daltônica? Qual seria a maior dificuldade encontrada por um daltônico ao dirigir? Como ela pode ser solucionada? **1.** Resposta pessoal. Consulte as Orientações didáticas.

Reprodução do Livro do Estudante em tamanho reduzido.

Orientações didáticas

#Para interpretar

As atividades deste boxe oferecem aos estudantes a oportunidade de desenvolver as habilidades de leitura, uma vez que demandam processos de compreensão e inferência de textos. Após a leitura do texto, peça aos estudantes que respondam às atividades no caderno e, depois, disponibilize um período para discutir a leitura e conversar com eles sobre as respostas.

Sugerimos que você peça aos estudantes que pesquisem quais ações e/ou sistemas o Departamento Estadual de Trânsito (Detran) propôs para auxiliar as pessoas daltônicas a interpretar as cores dos semáforos na cidade onde vocês moram. Caso não encontrem nenhuma ação proposta pelo Detran, peça-lhes que pesquisem ou desenvolvam uma ação para auxiliar as pessoas daltônicas a interpretar as cores dos semáforos e, em seguida, oriente os estudantes a divulgarem, por meio de cartazes ou mesmo nas redes sociais, suas ideias para a comunidade escolar, a fim de estimular a discussão sobre o tema.

1. Daltônicos com problemas de distinguir as cores vermelho e verde poderiam, eventualmente, ter maior dificuldade de identificar os sinais indicados por cores nos semáforos. Porém, segundo o Código Nacional de Trânsito vigente, daltônicos têm a permissão para dirigir, pois conseguem distinguir os sinais luminosos dos semáforos ao observar suas posições.

Orientações didáticas

Para enriquecer o trabalho com o conteúdo, sugerimos que você peça aos estudantes que identifiquem e expliquem as diferenças e as semelhanças entre os modelos propostos por Dalton e Thomson. Você pode solicitar que destaquem a principal comprovação de Thomson. Espera-se que mencionem a identificação do elétron. É importante que os estudantes compreendam como essa comprovação contribuiu com o entendimento acerca das características elétricas da matéria.

Depois, se achar pertinente, sugerimos que você peça aos estudantes que pesquisem algumas aplicações que esses conhecimentos proporcionaram. Agrupe alguns resultados das pesquisas e oriente-os a inserir suas descobertas na linha do tempo, caso você tenha optado por construí-la. Reforce com eles que todas as anotações são subsídios para a construção do conhecimento.

#A ciência é feita por pessoas

Este boxe busca destacar os grandes nomes por trás das pesquisas e descobertas científicas, bem como o contexto histórico no qual elas foram realizadas. Conhecer História e Filosofia da ciência é fundamental para a compreensão de que a ciência é dinâmica e mutável, relacionada com diversos fatores do cotidiano e da dinâmica da natureza, e que seus diversos conceitos foram desenvolvidos com base nas metodologias científicas, levando em consideração os conhecimentos adquiridos posteriormente em uma cultura ou pela comunidade científica.

Sugerimos que você peça aos estudantes que expliquem a importância da evolução dos estudos científicos. Você pode explicar que as pesquisas relacionadas às características e à composição do átomo foram realizadas por diferentes cientistas e suas equipes, as quais muitas vezes eram compostas por seus alunos. É importante desmistificar a ideia de que a ciência é formulada por um cientista apenas. Ressalte que a ciência é desenvolvida por equipes formadas, muitas vezes, por cientistas de diferentes áreas do conhecimento, que trabalham juntos em prol do desenvolvimento científico e tecnológico.

A identificação do elétron e o modelo de Thomson

Apesar de ter permanecido por quase um século como a referência para a descrição do átomo, no final do século XIX a teoria de Dalton deu lugar a outro modelo, em razão da identificação da primeira partícula subatômica, o elétron, pelo físico britânico Joseph John Thomson (1856-1940).

Naquele momento, diversos cientistas investigavam diferentes fenômenos elétricos da matéria. Entre eles estava o físico inglês William Crookes (1832-1919), que desenvolveu um aparato experimental, conhecido atualmente como **ampola de Crookes**. Ao aplicar alta tensão em gases rarefeitos, era possível observar no aparato a formação de descargas que foram chamadas de **raios catódicos**.

Muitos cientistas buscavam explicar como materiais neutros passavam a apresentar comportamentos elétricos em determinadas condições, como as da ampola de Crookes. Nesse processo, a teoria de estrutura da matéria proposta por Dalton passou a ser questionada, pois um modelo que propunha o átomo como uma partícula indivisível não possibilitava explicar as observações experimentais.

Em 1891, o físico irlandês George Johnstone Stoney (1826-1911) propôs a existência de uma partícula fundamental da eletricidade, a qual chamou "eletrão". Em 1897, os experimentos de Thomson e a interpretação de seus resultados levaram à identificação do elétron, nome dado em referência ao trabalho de Stoney.

Leia, a seguir, um pouco da relação entre os raios catódicos e a identificação do elétron.

#A ciência é feita por pessoas

CORES FANTASIA

FORA DE PROPORÇÃO

Os raios catódicos

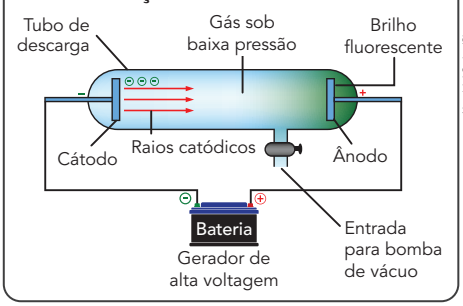
Raios catódicos são feixes de elétrons produzidos através do estabelecimento de uma diferença de potencial entre dois eletrodos que contêm gases rarefeitos em seu interior.

A descoberta desses raios se dá no ano de 1838, quando o físico inglês Michael Faraday [(1791-1867)] estava realizando uma série de experimentos com descargas elétricas em gases rarefeitos. [...] Entretanto, a denominação de raios catódicos só veio em 1876, ao ser introduzida pelo físico alemão Eugen Goldstein [(1850-1930)], o qual achava que tais raios não passavam de ondas no éter. Todavia, para Crookes esse fenômeno não passava de moléculas carregadas, as quais, para ele, constituíam o quarto estado da matéria. A discussão só foi encerrada em 1897, quando Thomson descobriu que, na verdade, os raios catódicos eram elétrons.

Tais raios possuem algumas propriedades: são por um campo elétrico ou magnético, possuem energia cinética, atravessam pequenas espessuras de materiais, propagam-se, aproximadamente, em linha reta e produzem luminescência nos corpos com que se chocam.

BAGUINSKI, F. Raios catódicos. *In*: AMLEF. *Coleção Glossário*. Porto Alegre: Acervo Museológico dos Laboratórios de Ensino de Física – UFRGS. Disponível em: https://www.ufrgs.br/amlef/glossario/raios-catodicos/. Acesso em: 25 jan. 2022.

Produção de raios catódicos



Nendaiel Sankar/Shutterstock

Na ampola de Crookes, a parede oposta ao cátodo era revestida internamente por uma substância fluorescente, que emitia uma luz verde brilhante ao ser atingida pelos raios catódicos.

Reprodução do Livro do Estudante em tamanho reduzido.

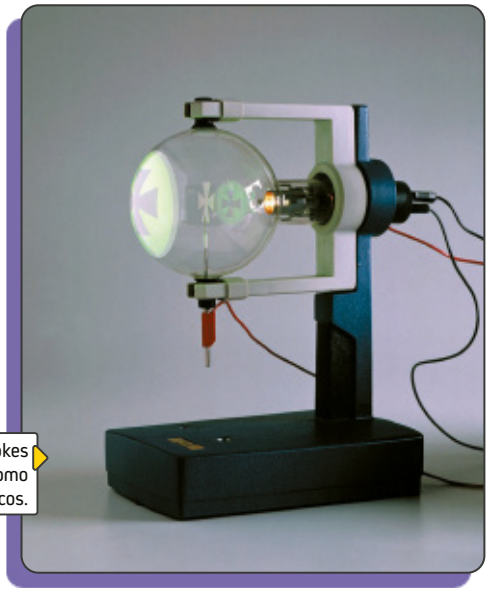
Uma das imagens mais famosas da ampola de Crookes em funcionamento mostra a sombra de uma cruz projetada no fundo da ampola, a qual fica iluminada pela colisão dos raios catódicos com material **fluorescente**.

A luz verde emitida pelo vidro quando os eletrodos da ampola são ligados à fonte de alta tensão foi chamada de **raios X**. Enquanto vários cientistas estavam interessados em estudar os raios catódicos, outros estavam curiosos a respeito dos raios X. Nesse momento, vamos nos concentrar nos resultados obtidos por aqueles que estudaram os raios catódicos, pois a conversa sobre os raios X ficará para o **Capítulo 6**.

A interpretação sobre a natureza dos raios catódicos foi publicada por Crookes em 1895. Lendo sobre esses experimentos, Thomson ficou interessado em investigar mais um pouco sobre o feixe luminoso que surgia entre os eletrodos.

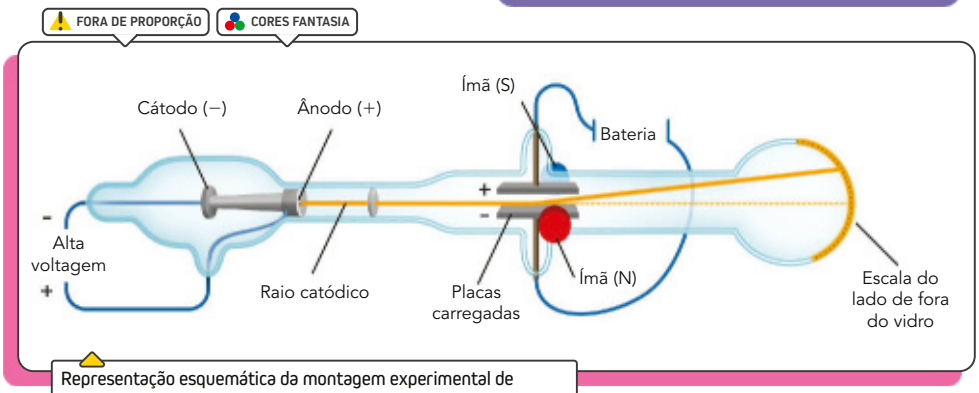
Para investigar as características dos raios catódicos, Thomson fez algumas modificações na ampola de Crookes, melhorando as técnicas de evacuação da ampola (remoção do ar). Inicialmente, ele se aventurou a pesquisar a carga elétrica das partículas presentes no feixe luminoso. Uma das estratégias utilizadas foi fazer o feixe passar entre duas placas metálicas carregadas eletricamente (uma com carga positiva e outra com carga negativa). Ao aproximar um campo magnético perpendicularmente das placas metálicas, foi possível observar um desvio da sua trajetória, pois o feixe foi atraído em direção à placa positiva.

◀ **Fluorescente:** refere-se a algo que tenha **fluorescência**, que é o aparecimento de uma luminescência quando um material é exposto a uma fonte de energia elétrica.



SS PL/Getty Images

Experimento da ampola de Crookes com uma cruz de Malta como obstáculo para os raios catódicos.



R2 Editorial/Arquivo da editora

Representação esquemática da montagem experimental de Thomson para verificar a carga elétrica dos raios catódicos.

Reprodução do Livro do Estudante em tamanho reduzido.

Orientações didáticas

Inicialmente, sugerimos que você explique como a tecnologia da época, por exemplo, por meio do desenvolvimento da ampola de Crookes, contribuiu com a realização dos experimentos que levaram Thomson a elaborar seu modelo atômico, bem como contribuíram com a compreensão dos fenômenos relacionados ao eletromagnetismo.

Se possível, você pode usar o vídeo indicado no boxe *#Para saber +*, para que os estudantes entendam as observações que levaram Thomson a comprovar a existência do elétron. Se achar pertinente, peça aos estudantes que pesquisem quais aplicações esses conhecimentos proporcionaram para a sociedade e anotem todos os resultados de suas pesquisas na linha do tempo. Nesse momento, reforce que todas as anotações são subsídios para a construção do conhecimento.

Caso não seja possível exibir o vídeo aos estudantes, chame a atenção deles para a representação esquemática do experimento de Thomson.

Em seguida, caso você tenha adotado a linha do tempo sugerida no início do capítulo, peça aos estudantes que incluam as novas informações apresentadas no conteúdo.

#Para saber +

2 – Modelo atômico de Thomson – Tubos de Crookes

Nesse vídeo, com cerca de 4 minutos de duração, você verá uma explicação sobre os experimentos realizados por Crookes e Thomson.

Disponível em: https://www.youtube.com/watch?v=_Pwrvn2ZI5U. Acesso em: 28 abr. 2022.

Orientações didáticas

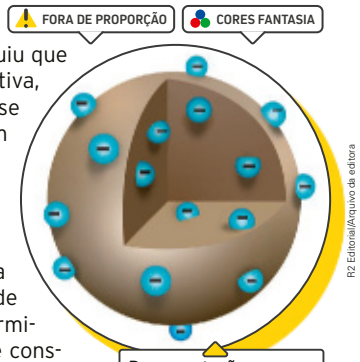
Inicialmente, sugerimos que você peça aos estudantes que retomem as relações e as diferenças entre os modelos propostos por Thomson e por Dalton. Explique como as representações atribuídas aos estudos de Thomson e Dalton contribuíram com as suas conclusões. É importante que eles compreendam que o desenvolvimento da teoria atômica proposta por Thomson contribuiu com a caracterização do átomo, que foi aprimorada em seguida por Rutherford.

Depois, sugerimos que você explique como o avanço tecnológico e o desenvolvimento de novas técnicas experimentais contribui para a compreensão das características das partículas que compõem o átomo.

Se desejar introduzir os próximos assuntos, você pode perguntar o que os estudantes entendem por radioatividade. Nesse momento, deixe que eles se expressem e não faça correções. É possível que eles não mencionem as características dos elementos radioativos. Se isso acontecer, com base em suas respostas, você pode explicar como o estudo da radioatividade contribuiu com a execução de experimentos que possibilitaram a comprovação e a compreensão do comportamento do próton, uma das partículas que constituem os átomos. Peça aos estudantes que adicionem suas observações e conclusões na linha do tempo.

Com base nos resultados desse experimento, Thomson concluiu que os raios catódicos eram formados por partículas de carga negativa, as quais foram chamadas de **elétrons**. Como naquela época já se sabia que a matéria, em seu estado fundamental, era neutra, um novo modelo atômico foi apresentado: uma esfera de carga positiva, contendo cargas negativas distribuídas na sua superfície.

Thomson havia comprovado experimentalmente que o átomo era uma estrutura divisível, ou seja, formado por partes que podiam ser desmembradas umas das outras. A nova teoria vinha para ajudar a interpretar, com mais coerência, os fenômenos de eletrização. Com experimentos posteriores, ele conseguiu determinar que a razão entre a carga e a massa do elétron era sempre constante, independentemente do material utilizado nos experimentos dos raios catódicos. Assim, concluiu também que a partícula identificada fazia parte de qualquer tipo de matéria.



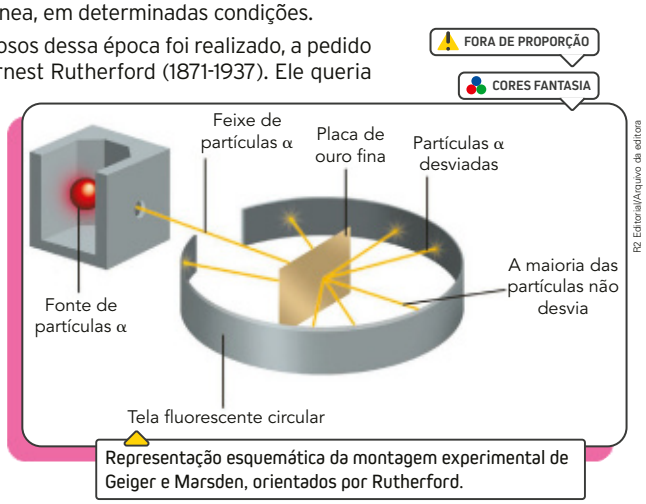
Representação esquemática do modelo atômico proposto por Thomson. Há relatos de que o modelo tenha sido comparado a um *pudim de passas* inglês, no qual os elétrons seriam como uvas-passas imersas em uma massa gelatinosa.

A identificação do próton e o modelo de Rutherford

A proposta do modelo atômico que veio a substituir a teoria de Thomson não demorou tanto para ocorrer, como havia acontecido com a de Dalton. No início do século XX, uma nova revolução científica estava ocorrendo no campo da Física, e seus reflexos iriam desvendar mais algumas características da matéria. Como aquele foi um momento muito complexo para a ciência, é difícil resumir toda essa história, mas podemos apresentar os principais fatos que contribuíram para a identificação de mais uma partícula subatômica e, consequentemente, para a proposição de uma nova teoria atômica.

Entre a última década do século XIX e a primeira do século XX, uma série de experimentos científicos envolvendo substâncias radioativas estavam sendo conduzidos no mundo todo. A Radioatividade havia se estabelecido como uma das áreas de maior interesse de físicos e químicos da época, encantados com elementos químicos que emitiam partículas (positivas, negativas, neutras) de forma espontânea, em determinadas condições.

Um dos experimentos mais famosos dessa época foi realizado, a pedido do físico e químico neozelandês Ernest Rutherford (1871-1937). Ele queria entender um pouco mais sobre a interação de **partículas alfa** (feixes de carga positiva emitidos por alguns elementos radioativos) com lâminas metálicas de diferentes espessuras. Rutherford havia estudado as partículas alfa por dez anos e estava catalogando dados a respeito de seu comportamento frente a diferentes materiais. Então, idealizou um ensaio experimental e solicitou a dois de seus estudantes de doutorado, Hans Geiger (1882-1945) e Ernest Marsden (1889-1970), que o realizassem.



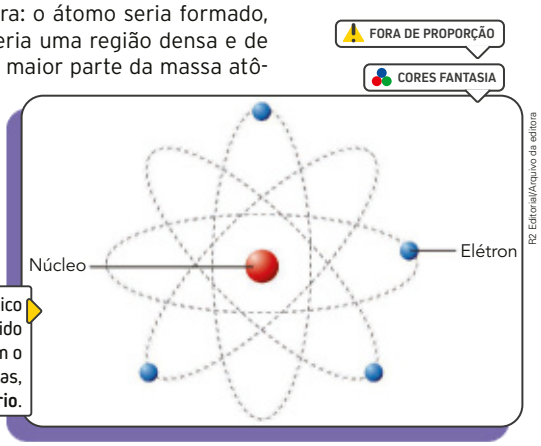
Representação esquemática da montagem experimental de Geiger e Marsden, orientados por Rutherford.

Reprodução do Livro do Estudante em tamanho reduzido.

Ao bombardear uma finíssima lâmina de ouro com partículas alfa, três principais resultados foram observados:

1. A maior mancha se formou no fundo do anteparo revestido com material fluorescente, indicando que a maioria do feixe passou pela lâmina de ouro, sem sofrer qualquer desvio.
2. Algumas partículas foram desviadas, indicando que passaram próximo a uma região que ofereceu um efeito de repulsão ao feixe.
3. Outras poucas partículas foram refletidas na direção oposta àquela de onde vieram, como reflexo de colisão com uma superfície maciça.

Com os resultados em mãos, em 1911, Rutherford apresentou à comunidade científica uma constatação reveladora: o átomo seria formado, em sua maior parte, por espaço vazio! Haveria uma região densa e de carga positiva, o **núcleo**, que concentraria a maior parte da massa atômica. As partículas que tornam o núcleo positivo foram chamadas de **prótons** e a região em que os elétrons estariam circulando ao redor do núcleo, organizada em órbitas, foi chamada de **eletrosfera**.



Representação esquemática do modelo atômico proposto por Rutherford, também conhecido como **átomo nuclear**. Quando comparam o núcleo com o Sol e os elétrons com os planetas, também o chamam de **modelo planetário**.

#Para interpretar

NÃO ESCREVA NO LIVRO

1 **Baseando-se em que conceito físico Rutherford conseguiu concluir que a carga do núcleo é positiva?** 1. Consulte as Orientações didáticas.

2 **Rutherford descreveu o átomo como um sistema que contém partículas de carga negativa girando ao redor de partículas positivas. Que efeito poderíamos esperar em um sistema como esse?** 2. Consulte as Orientações didáticas.

Além de apresentar evidências da existência dos prótons, Rutherford supôs a existência de partículas sem carga no núcleo. Com base nos conhecimentos da Física moderna, ele sabia ser necessário que houvesse algo que impedisse que os prótons, partículas positivamente carregadas, permanecessem próximos uns dos outros, evitando que o núcleo se tornasse um sistema instável. A existência da partícula responsável pela estabilização do núcleo foi postulada por Rutherford em 1911, mas só foi comprovada em 1932 pelo físico inglês James Chadwick (1891-1974). O **nêutron** foi evidenciado por meio de experimentos, e apresenta uma massa semelhante à do próton, sendo ambos 1836 vezes mais massivos que o elétron.

Reprodução do Livro do Estudante em tamanho reduzido.

Orientações didáticas

Ainda neste tópico, explicaremos as conclusões de Rutherford após analisar os resultados de seu experimento. Comente que, com base nesses resultados, Rutherford propôs a disposição e a composição das regiões que compõem o átomo, evidenciando a existência do núcleo e da eletrosfera.

Se achar pertinente, você pode comentar com os estudantes que James Chadwick comprovou a existência do nêutron, com base em evidências experimentais, vinte anos depois. Em seguida, sugerimos que, com base no modelo de sistema planetário proposto por Rutherford, você retome a importância do uso dos modelos e das representações para explicar uma teoria. Você pode explicar que, assim como os outros modelos atômicos propostos anteriormente, o modelo de Rutherford apresentava algumas lacunas, as quais foram preenchidas, posteriormente, por outros cientistas.

#Para interpretar

Sugerimos que você oriente os estudantes a consultar suas anotações para elaborar as respostas.

1. Partículas de mesma carga elétrica se repelem e, portanto, afastam-se umas das outras. Como as partículas alfa são positivas, Rutherford deduziu que o núcleo também é positivo.
2. Partículas de cargas elétricas opostas se atraem. Assim, esperaríamos que os elétrons se aproximassem do núcleo, perdendo energia e assumindo uma trajetória em espiral até colidirem com o núcleo, colapsando o sistema.

Orientações didáticas

Inicialmente, sugerimos que você explique como Bohr conseguiu solucionar algumas das lacunas do modelo atômico proposto por Rutherford. Para isso, faça a leitura do texto com os estudantes, e esclareça eventuais dúvidas que eles apresentarem. Se achar necessário, retome alguns modelos atômicos ou outros conteúdos.

Após a leitura do texto, você pode mencionar alguns fenômenos visíveis que podem ser explicados pelo átomo de Bohr. Pergunte aos estudantes se eles sabem como funcionam os fogos de artifício ou se conhecem o funcionamento de uma lâmpada LED. Em princípio, deixe-os falar e expressar o que já sabem. Depois, você pode explicar que, nos fogos de artifício, os elétrons absorvem energia, ou seja, "saltam" para uma camada mais externa e, ao voltar, emitem luz. Esse é um momento adequado para comentar o experimento que os estudantes farão na sequência.

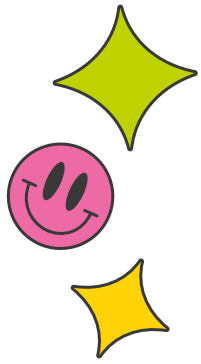
Em seguida, se achar pertinente, você pode pedir aos estudantes que pesquisem outras aplicações do modelo desenvolvido por Bohr. Você pode incentivá-los a relatar os resultados das pesquisas realizadas por eles e incentivar que todos participem da elaboração das explicações.

Ao final desse conteúdo, caso perceba defasagens na aprendizagem dos estudantes, retome os modelos atômicos estudados até o momento, por meio de representações no quadro de giz, resgate as anotações feitas pelos estudantes e as descobertas que eles fizeram nas pesquisas e repasse a linha do tempo, caso tenha seguido a sugestão de elaborá-la.

O átomo de Bohr

Mesmo sendo um dos físicos mais respeitados de sua época, as críticas ao modelo nuclear de Rutherford não demoraram a surgir. Uma falha reconhecida da teoria era de que a hipótese de que os elétrons estariam livres para orbitar o núcleo não obedecia às leis relativas à interação entre cargas elétricas. Um conhecimento comprovado experimentalmente e bem estabelecido era o de que partículas de cargas opostas se atraem. De acordo com essa perspectiva, não se tinha uma explicação simples para a razão desse fenômeno não ocorrer entre os prótons e os elétrons.

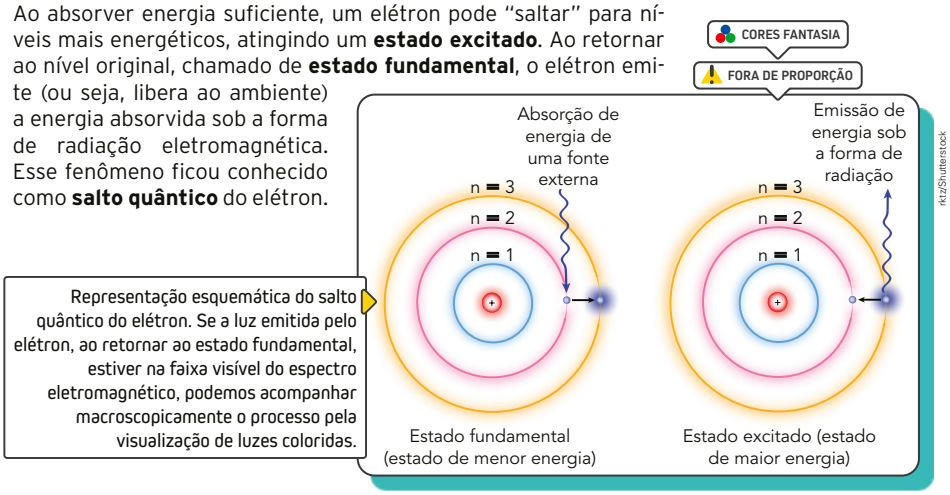
Diante do desafio de oferecer uma correção ao modelo atômico de Rutherford, um de seus colaboradores, o físico dinamarquês Niels Bohr (1885-1962), encarou a missão de encontrar uma saída que fosse coerente. Bohr também estava intrigado com o fato de que, mesmo os raios catódicos sendo um feixe de partículas negativas idênticas, cores diferentes eram obtidas dependendo do gás contido na ampola de descarga.



Em 1913, depois de observar diversos experimentos e realizar uma série de análises teóricas, Bohr trouxe algumas hipóteses bastante inovadoras, que, associadas a estudos de vários outros estudiosos da época, abriram caminho para conceitos que ofereciam explicações fora dos padrões da Física clássica.

As ideias que lapidaram o modelo atômico de Rutherford ficaram conhecidas como **postulados de Bohr**. Em linhas gerais e de forma resumida, os postulados afirmam o seguinte:

- Os elétrons se movem em torno do núcleo ocupando **órbitas circulares de energia bem definida**, chamadas de **níveis de energia** (**n**).
- A energia do elétron é a mesma que a da órbita em que se encontra. Os elétrons de mais baixa energia estão mais próximos do núcleo e os mais energéticos estão mais afastados.
- Um elétron permanece em um nível de energia sem absorver ou liberar energia espontaneamente, assumindo um estado estacionário.
- Ao absorver energia suficiente, um elétron pode "saltar" para níveis mais energéticos, atingindo um **estado excitado**. Ao retornar ao nível original, chamado de **estado fundamental**, o elétron emite (ou seja, libera ao ambiente) a energia absorvida sob a forma de radiação eletromagnética. Esse fenômeno ficou conhecido como **salto quântico** do elétron.



Representação esquemática do salto quântico do elétron. Se a luz emitida pelo elétron, ao retornar ao estado fundamental, estiver na faixa visível do espectro eletromagnético, podemos acompanhar macroscopicamente o processo pela visualização de luzes coloridas.

Reprodução do Livro do Estudante em tamanho reduzido.

#Experimentar

Reconhecendo elementos químicos pelas cores

Zern Liew/Shutterstock

Cores esperadas em testes de chama com compostos contendo alguns elementos químicos.

Um dos postulados de Bohr pode ser utilizado para explicar as luzes coloridas produzidas pelos fogos de artifício. Isso ocorre porque, além da pólvora, cada artefato contém em sua composição substâncias com determinados metais, como zinco, potássio, cálcio, sódio e cobre.

O mesmo princípio pode ser aplicado em um teste de chama simples. Por meio de comparações do resultado do teste de chama com classificações publicadas, podemos afirmar se determinado elemento químico faz parte da amostra analisada.

Neste experimento, vamos usar clipes de papel ou palitos de madeira para expor a amostra à chama. O teste deve ser realizado com bico de Bunsen regulado para chama azul ou incolor. O posicionamento do material a ser testado deve ocorrer na superfície mais externa da chama, por ser a região mais quente. Caso utilize uma haste metálica que precise de limpeza entre um teste e outro, pode-se utilizar vinagre. A seguir, sugerimos um teste de chama com amostras de quatro misturas, nas quais podem ser encontrados os elementos químicos potássio, sódio, cálcio e cobre.

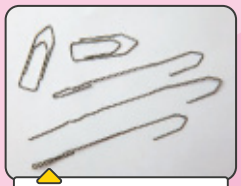
Material

ATENÇÃO! Por envolver fogo, este é um experimento que, necessariamente, deve ser realizado sob a supervisão de um adulto.

- Casca de ovo limpa, seca e triturada ou giz escolar triturado.
- Casca de banana, pedra-ume, damasco ou ameixa seca.
- Sulfato de cobre para tratamento de piscinas.
- Sal de cozinha, fermento químico ou bicarbonato de sódio.
- 4 clipes de papel sem revestimento.
- Bico de Bunsen.

Como fazer

Construa as quatro alças de teste com os clipes conforme a imagem a seguir. Colete uma pequena quantidade do material a ser testado, de modo que fique bem preso no clipe (espete na ponta que será exposta à chama). Construa, no caderno, um quadro como o seguinte para anotar os resultados observados.


Dotta2/Arquivo da editora

Exemplo de construção de alça para teste de chama.

Resultados do teste de chama				
	Casca de ovo	Casca de banana	Sal de cozinha	Sulfato de cobre
Cor da chama	☺☺☺☺☺	☺☺☺☺☺	☺☺☺☺☺	☺☺☺☺☺
Elemento químico presente	☺☺☺☺☺	☺☺☺☺☺	☺☺☺☺☺	☺☺☺☺☺
	Vermelha-alaranjada Cálcio	Lilás Potássio	Amarela-alaranjada Sódio	Verde Cobre

Conclusão

NÃO ESCREVA NO LIVRO

1. Quais foram os elementos químicos identificados nas amostras testadas?
2. Elabore uma explicação para o fenômeno observado, com base no modelo atômico de Bohr.
3. Você acha que o teste de chama pode ser usado para dizer, de maneira conclusiva, quais são os elementos químicos presentes em um material?

Reprodução do Livro do Estudante em tamanho reduzido.

Orientações didáticas

#Experimentar

Esta seção tem o objetivo de apresentar propostas de atividades práticas investigativas, introduzindo aos estudantes as práticas de pesquisa, mobilizando processos e procedimentos científicos. Além disso, estímulos e propostas complementares podem auxiliar no desenvolvimento do **pensamento computacional** (identificação de padrões), por meio da abstração e da decomposição para a execução de uma tarefa.

Para realização desse experimento, caso não seja possível utilizar o bico de Bunsen, você pode usar uma lamparina ou mesmo uma vela; porém, é importante ressaltar que essa substituição pode gerar uma interferência na visualização da cor emitida pelo sódio (amarela).

Se desejar, esse experimento pode ser realizado por você, enquanto os estudantes observam. Caso contrário, peça a eles que se reúnam em grupos e, com cuidado, preparem e manipulem todos os materiais. É interessante diminuir a luminosidade do laboratório ou da sala onde será realizada a atividade experimental para que os estudantes possam observar a mudança de cor da chama, visto que algumas cores aparecem sutilmente. Peça a eles que anotem no relatório todos os dados observados, a fim de obter subsídios para interpretar e explicar os resultados do experimento. Em seguida, oriente-os a adicionar essas informações na linha do tempo.

1. A resposta à atividade está no Livro do Estudante.
2. A energia térmica (proveniente da chama) é fornecida aos elétrons presentes no material, fazendo com que eles alcancem um estado de excitação. Quando os elétrons retornam ao estado fundamental, há emissão de radiação eletromagnética. Alguns elementos emitem luz na região do espectro eletromagnético visível e, por isso, podemos enxergar as cores.
3. Sugerimos que sejam disponibilizados alguns minutos para os estudantes exporem suas hipóteses e, aos poucos, sejam inseridos elementos na discussão que os induzam ao raciocínio lógico explorado na atividade. Nesse caso, a conclusão deve se aproximar do reconhecimento do teste de chama como um ensaio qualitativo limitado aos elementos que emitem luz na faixa do visível e sem interferência de outros componentes durante o experimento.

Orientações didáticas

Inicialmente, sugerimos que você pergunte aos estudantes se eles já ouviram falar em Física quântica e o que ela estuda. Deixe que eles falem e, a princípio, não faça correções.

Em seguida, sugerimos que faça a leitura do texto com os estudantes e explique a eles a importância do estudo da Física quântica para o aprimoramento dos postulados de Bohr e a compreensão do comportamento do átomo, bem como dos fenômenos relacionados às partículas que o compõem.

Caso você não tenha adotado a linha do tempo da constituição da matéria, sugerimos que use o vídeo do boxe *#Para saber +*, para apresentar um resumo de todos os modelos atômicos formulados ao longo da história.

#Para saber

Tudo se transforma, história da Química, história dos modelos atômicos

Nesse vídeo, com cerca de 13 minutos e meio de duração, você verá, de forma lúdica, um resumo histórico de todas as teorias que explicam as características do átomo.

Disponível em: https://www.youtube.com/watch?v=58xkET9F7MY. Acesso em: 27 abr. 2022.

O modelo quântico e a Física de partículas

Como já mencionamos, os postulados de Bohr tinham como base conceitual algumas ideias bastante revolucionárias do ponto de vista da Física clássica, e isso se deve a diversos estudos que estavam ocorrendo paralelamente à época nos principais centros de pesquisa ao redor do mundo. Nascia, no início do século XX, uma física totalmente nova, dedicada a explicar fenômenos do mundo submicroscópico, a Física quântica.

Sergey Bitos/Shutterstock

A Física quântica descreve os fenômenos físicos utilizando uma base matemática bem complexa, que busca relacionar matéria e energia por meio de equações, códigos e conceitos próprios.

Os físicos mais tradicionalistas foram muito resistentes ao pensamento sobre quantização da matéria, principalmente, pela impressão que tiveram de que as afirmações da Física quântica pareciam mais um roteiro de ficção científica. Fenômenos como o teletransporte ou as possibilidades de uma partícula se comportar como onda e de uma onda se comportar como partícula eram explicáveis apenas no universo quântico, e abalavam as convicções daqueles que baseavam seus pensamentos apenas nos fatos observáveis do mundo macroscópico.

Mas a realidade quântica fez a ciência avançar estrondosamente. Como ocorre nos momentos de reviravoltas e revoluções científicas, o novo modo de pensar, ainda seguindo o método científico, surgiu para explicar o que o vigente não conseguia, mas sem descartar tudo o que foi construído.

Da Física quântica vieram várias contribuições que aprimoraram os postulados apresentados por Bohr e, a partir de então, as atualizações do modelo teórico para descrever a matéria deixaram de ser chamadas pelo sobrenome de um único cientista. Mesmo assim, o físico austríaco Erwin Schrödinger (1887-1961) recebeu considerável destaque nos modelos atômicos quânticos, em parte pela sua importantíssima contribuição teórica, em parte pela proposta de uma experiência mental que se tornou a mais famosa da Física quântica. É importante destacar que trata-se de um experimento mental idealizado por Schrödinger, que ele nunca realizou, e que, de maneira nenhuma, pode ser reproduzido. Confira mais informações no trecho da reportagem a seguir.

O termo "quântica" vem de *quanta* (plural de *quantum*), um conceito apresentado em 1900 pelo físico alemão Max Planck (1858-1947). Segundo Planck, a explicação de alguns fenômenos nos exige considerar transferências de energia em quantidades específicas, como se fossem **pacotes de energia**, e não de maneira contínua, como era observado na maioria dos processos conhecidos. Sua teoria foi a base para os estudos publicados pelo físico alemão Albert Einstein (1879-1955), em 1905.

Reprodução do Livro do Estudante em tamanho reduzido.

◀ 106 ▶

#Integrando as Ciências

Como o gato de Schrödinger sobrevive na ciência e na cultura modernas?

R2 Editorial/Arquivo da editora

Representação esquemática do estado de superposição proposto por Schrödinger.

Muita gente resume a história do gato de Schrödinger à parte sobre o animal poder estar vivo e morto ao mesmo tempo, dependendo do observador (é claro que nunca existiu nenhum gato vivo e morto ao mesmo tempo, diferente do que algumas pessoas pensam). Tudo isso foi um exercício mental proposto pelo físico Erwin Schrödinger em suas cartas com Einstein.

[...]

Assim como as histórias infantis, que são passadas de geração em geração e muita gente nunca teve contato com a versão original, aconteceu com o gato de Schrödinger. A ideia faz parte do artigo "A situação atual da mecânica quântica", publicado em 1935, que diz que: "qualquer um pode mesmo montar casos bem ridículos". Pois é.

[...]

Na descrição original, Schrödinger propõe trancar o gato em uma câmara de aço, junto de um frasco de veneno, um martelo, um contador Geiger (que mede radiação) e uma porçãozinha de substância radioativa. A caixa é fechada por 1 hora e, nesse tempo, a substância pode emitir ou não radiação, acionando o contador, que aciona o martelo e quebra o frasco de veneno, matando o gato.

[...]

Schrödinger queria demonstrar que a interpretação de Copenhagen era absurda, mas ela ainda é uma teoria muito aceita para explicar fenômenos subatômicos. Mesmo assim, a história do gato demonstrou algumas incoerências da teoria (que rendem debate até hoje) e levantou a hipótese de existir algum limite entre o "mundo quântico" e o "mundo real".

Os cientistas ainda não sabem qual é esse limite nem o que impede que a superposição dos estados não seja observada em objetos maiores (como um gato). O dia que descobrirem isso, objetos e até seres humanos poderiam entrar em um estado quântico de estar em dois lugares ao mesmo tempo ou vivos e mortos em simultâneo. A ciência já chegou ao ponto de fazer isso com alguns milhares de átomos, mas não com objetos maiores formados por vários tipos de átomo (como um gato).

Além disso, foi a partir de seus escritos sobre o gato "vivo-morto" e debates que se seguiram, que Schrödinger ajudou a criar o conceito de entrelaçamento quântico. Em resumo, partículas que necessariamente têm uma contraparte que está no estado oposto: se uma está viva, a outra está morta, e as duas estão sempre ligadas, por exemplo. Essas ideias são muito importantes para a área de Computação Quântica. Já a questão da observação, proposta no problema do gato de Schrödinger, ajudou a desenvolver tecnologias de fibra óptica.

O debate, na Ciência, continua; e o gato está mais vivo do que nunca!

[...]

VOLTOLINI, E. Como o gato de Schrödinger sobrevive na ciência e na cultura modernas? *Mega curioso*, 18 out. 2021. Disponível em: https://www.megacurioso.com.br/artes-cultura/120174-como-o-gato-de-schrodinger-sobrevive-na-ciencia-e-cultura-modernas.htm. Acesso em: 14 abr. 2022.

Reprodução do Livro do Estudante em tamanho reduzido.

Orientações didáticas

#Integrando as Ciências

O texto deste boxe possibilita o trabalho interdisciplinar ao oferecer aos estudantes a oportunidade de estabelecer a conexão entre diferentes componentes curriculares, evitando a rígida compartimentalização do conhecimento.

Inicialmente, sugerimos que você solicite a alguns estudantes que leiam os parágrafos do texto. Faça pausas e verifique se todos estão compreendendo o que está sendo lido.

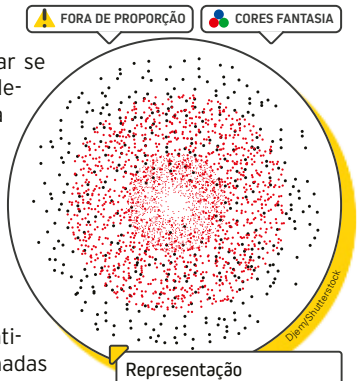
Depois, sugerimos que você explique para os estudantes a importância das trocas e das discussões acerca das teorias que colaboraram para o desenvolvimento dos conceitos científicos. Você pode salientar as contribuições de Max Planck, Einstein e Schrödinger, por exemplo, no desenvolvimento das teorias relacionadas à Física quântica. Você também pode solicitar que os estudantes pesquisem como essa teoria contribuiu com o desenvolvimento tecnológico e os sistemas de comunicação e de dados, por exemplo.

Orientações didáticas

Ao trabalhar o conteúdo desta página, você pode pedir aos estudantes que concluam a linha do tempo elaborada ao longo do capítulo. Oriente-os a apresentar as conclusões acerca dos estudos relacionados à construção dos modelos atômicos, bem como suas contribuições para o desenvolvimento científico e tecnológico, com base em estudos mais modernos que subsidiaram a comprovação das características e dos comportamentos das partículas que compõem os átomos.

Depois de conhecer o gato de Schrödinger, você pode estar se perguntando "Como é o modelo atômico quântico?" ou "Considerando que outros modelos têm uma representação, como seria a desse modelo?".

Pelos princípios da Física quântica, a descrição simplificada mais atual do átomo poderia ser feita sem definir ao certo as posições dos elétrons em torno do núcleo. O conceito de órbita não existe mais, pois deu lugar a outro termo, muito parecido, mas com significado diferente: o **orbital** – região do espaço com maior probabilidade de se encontrar um elétron.



Representação esquemática do modelo atômico quântico. Nele, cada ponto representa uma posição possível dos elétrons em um determinado instante.

A ideia de nível de energia ainda se mantém no modelo quântico, mas essas camadas energéticas possuem sub-regiões, chamadas de **subníveis de energia** e, dentro de um subnível, encontram-se os orbitais.

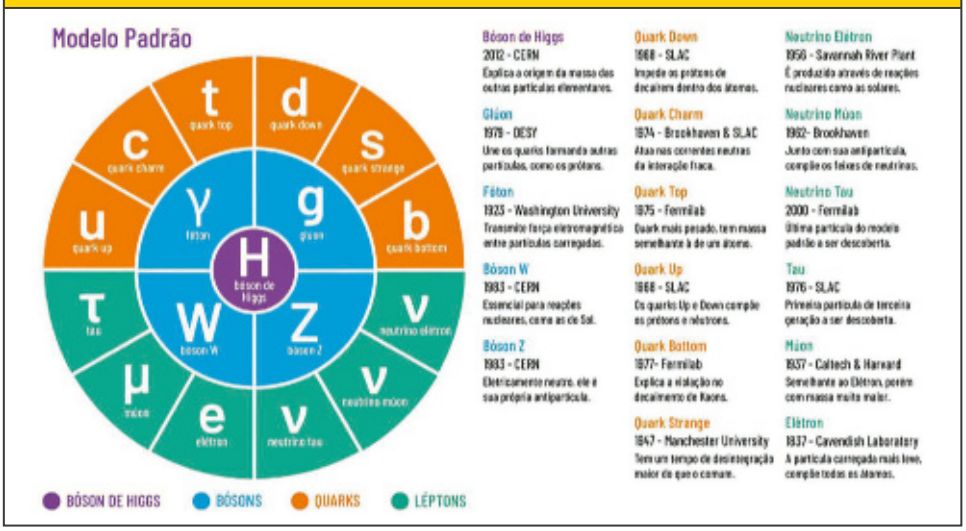
Atualmente, as pesquisas mais relevantes voltadas à estrutura da matéria são baseadas no modelo da **Física de partículas**, também chamado de **Modelo Padrão**.

Por usarem definições atreladas à Matemática para descrever um mundo invisível, os conceitos vindos do mundo quântico acabam se tornando um tanto abstratos. Por esse motivo, nosso objetivo até aqui foi traçar um panorama que permitisse conectar os eventos ao longo da evolução histórica da teoria atômica com o atual modelo utilizado para explicar a estrutura da matéria.

Se a palavra átomo foi criada na Grécia antiga para se referir a algo indivisível, hoje sabemos que isso está muito longe de ser verdade. Atualmente, o Modelo Padrão da Física de partículas nos mostra que, além dos prótons, nêutrons e elétrons, já foram identificadas diversas outras partículas do universo subatômico.

O Modelo Padrão é a referência atual para a comunidade científica que realiza pesquisas voltadas à investigação da natureza da matéria.

Modelo Padrão



Beatriz Abdalla/Jornal da USP

Reprodução do Livro do Estudante em tamanho reduzido.

#Atividade complementar

Se julgar conveniente, você pode sugerir aos estudantes que, com base no que foi estudado ao longo do capítulo, eles elaborem um material para mostrar a importância das pesquisas sobre a estrutura da matéria. Eles podem utilizar diferentes ferramentas e mídias para expressar suas ideias (texto informativo, *flyer*, charge, história em quadrinhos, *podcast*, vídeo, animação, etc.). Em data previamente estabelecida, eles poderão convidar a comunidade escolar e exibir o material produzido, além de debater as informações reunidas. A atividade poderá ser encaminhada de forma individual ou em pequenos grupos. O compartilhamento das produções se apresenta como um momento bastante rico de fechamento do capítulo, podendo ocorrer, inclusive, em uma miniamostra de divulgação científica.

#ATIVIDADES

NÃO ESCREVA NO LIVRO

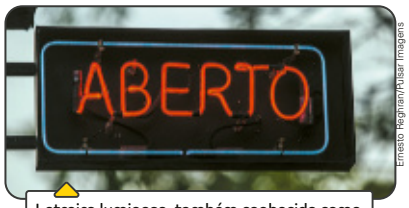
Consulte as Orientações didáticas para respostas e comentários das atividades.

1. Construa uma linha do tempo com os principais modelos atômicos. Nela, você pode inserir representações e informações como principais cientistas envolvidos, características e problemas conceituais.

2. De que forma Thomson, responsável pela identificação do elétron, chegou à conclusão de que essa partícula subatômica possui carga negativa? **2.** Thomson verificou que o feixe era atraído pelo polo positivo de um campo elétrico, quando submetido a um campo magnético.

3. Qual foi a principal falha apontada no modelo atômico de Rutherford e como ela foi corrigida?

4. Os letreiros neon foram inventados em 1910 e fizeram muito sucesso, principalmente nas grandes cidades, que passaram a ser iluminadas por eles. O nome desse tipo de artefato, muito usado no meio publicitário, deve-se ao fato de os primeiros letreiros terem sido construídos de um tubo de vidro preenchido com gás neônio sob baixa pressão. Quando esse tubo é submetido a uma alta tensão elétrica, um feixe de elétrons sai de um dos eletrodos (cátodo) e torna os átomos de neônio carregados positivamente. Ao serem atraídos em direção ao eletrodo negativo, esses átomos positivamente carregados transferem energia para alguns elétrons dos demais átomos do gás. Ao receber energia dessa forma, alguns elétrons ficam em um estado excitado e, ao voltar ao estado inicial, emitem luz. No caso do neônio, essa luz é laranja avermelhada, mas existem letreiros desse tipo com cores bem diferentes. Nesses casos, significa que há gases diferentes dentro do tubo, mas o nome neon continua sendo usado, em referência aos primeiros modelos.



Ernesto Reghran/Pulsar Imagens

Letreiro luminoso, também conhecido como letreiro neon, em comércio na cidade de Florianópolis (SC). Fotografia de 2021.

a) O princípio de funcionamento do letreiro neon foi inspirado em um aparelho muito importante na história da evolução dos modelos atômicos. Que aparelho é esse? Qual foi a sua importância? **4. a)** Ampola de Crookes.

b) Com base nas discussões sobre os modelos atômicos, qual foi a primeira teoria que forneceu os conceitos empregados na explicação do fenômeno de emissão de luz dos letreiros neon? Como esse fenômeno foi chamado por essa teoria? **4. b)** Modelo atômico de Bohr.

5. Alguns super-heróis da ficção fizeram tanto sucesso nas histórias em quadrinhos que ganharam as telas do cinema e se tornaram uma verdadeira febre nos últimos anos. O Homem de Ferro, codinome do físico e engenheiro eletricista Tony Stark, é um deles. Em um dos filmes sobre ele, Tony sintetiza artificialmente um novo elemento químico, o vibrânio, que vem a substituir o paládio do minirreator alojado em seu peito, que o mantém vivo. Essa façanha é alcançada graças a um acelerador de partículas que ele mesmo construiu em casa.

Fora da ficção, os aceleradores de partículas fazem parte do que se tem de mais avançado na atualidade, em termo de tecnologia. Construções que ocupam milhares de quilômetros quadrados, esses complexos equipamentos permitem estudar o universo quântico e comprovar alguns fenômenos que só faziam parte do imaginário dos primeiros cientistas dessa área.

a) Pesquise que tipos de fenômeno podem ser explorados em um acelerador de partículas para avaliar se o experimento descrito no filme seria possível ou se é apenas ficção científica.

b) Pesquise qual é o maior acelerador de partículas da atualidade e qual é sua extensão. **5. b)** Grande Colisor de Hádrons (LHC), com 27 km, na Suíça.

c) Pesquise a participação do Brasil no campo dos aceleradores de partículas. Se temos algum centro de pesquisa nessa área, qual é e onde está localizado? **5. c)** O principal centro de pesquisa brasileiro nessa área é o Laboratório Nacional de Luz Síncrotron (LNLS), localizado em Campinas (SP).

Reprodução do Livro do Estudante em tamanho reduzido.

#Para saber

Aceleradores de partículas: o que são, como funcionam e para que servem?

Esse texto apresenta o que são os aceleradores de partículas, bem como suas aplicações e contribuições para o desenvolvimento da ciência.

Disponível em: https://canaltech.com.br/ciencia/aceleradores-de-particulas-o-que-sao-como-funcionam-e-para-que-servem-190245/. Acesso em: 1º maio 2022.

Orientações didáticas

O grupo de atividades presentes nesta página permite ampliar e desenvolver a habilidade EF09CI03.

Sugerimos que selecione alguns exercícios para que sejam feitos em sala de aula e outros em casa com a ajuda da família ou de um responsável. Separe alguns minutos de sua próxima aula para realizar a correção dos exercícios e verificar possíveis defasagens de conteúdo. Caso julgue necessário, faça uma revisão dos conteúdos abordados até o momento.

#Atividades

1. A construção da linha do tempo também pode ser feita ao longo do capítulo, visto que as atividades avaliativas podem ser executadas durante todo o processo de construção do conhecimento.

2. A resposta à questão está no Livro do Estudante.

3. A maior incoerência era considerar que os elétrons eram livres para orbitar o núcleo positivo, sem se chocar com ele, pelo efeito de atração elétrica. Bohr corrigiu essa inconsistência, enunciando seus postulados sobre os níveis de energia e o estado estacionário.

4. a) A resposta à questão está no Livro do Estudante. As observações realizadas com a ampola possibilitaram a identificação dos elétrons e a proposição do modelo atômico de Thomson.

b) A resposta à questão está no Livro do Estudante. Pelo postulado do salto quântico, ele explica que, ao receberem energia, os elétrons de um átomo podem migrar para níveis mais energéticos e, ao retornarem ao estado fundamental, emitem radiação eletromagnética (luz).

5. a) É possível detectar subpartículas altamente energéticas, como os quarks e os bósons, que são observáveis somente por curtíssimos intervalos de tempo. Esse fenômeno ocorre quando dois átomos se chocam a velocidades próximas à da luz, dando origem a outros elementos químicos, como no filme.

b) A resposta à questão está no Livro do Estudante. A Organização Europeia para a Pesquisa Nuclear (do inglês, CERN) é a responsável pelo colisor e pretende construir um de 100 km até 2038.

c) A resposta à questão está no Livro do Estudante.

Orientações didáticas

Neste capítulo, os estudantes terão contato com a história de estudos relacionados à radioatividade, que levaram à compreensão de alguns comportamentos e algumas características das emissões radioativas, bem como à evolução de modelos teóricos mais completos para representar a estrutura da matéria.

Dessa forma, conhecerão uma narrativa que busca oferecer elementos para que compreendam como o desenvolvimento científico e tecnológico contribuiu para a utilização da radioatividade em diferentes áreas. Além disso, em alguns momentos, o estudante será convidado a refletir e a buscar informações extras em fontes confiáveis para conseguir se posicionar quanto ao uso da radioatividade em diversos setores, assim como propor ações para o compartilhamento desses conhecimentos com mais pessoas.

Sugerimos, inicialmente, que você peça aos estudantes que analisem a imagem do médico examinando as radiografias obtidas por meio do equipamento de tomografia. Pergunte a eles se têm alguma ideia de como esse equipamento é capaz de gerar imagens internas no corpo humano. Se achar pertinente, você pode observar e registrar as respostas; verifique se eles conseguem relacionar as imagens produzidas às emissões radioativas que podem atravessar o corpo. Nesse momento, deixe que se expressem e não faça correções.

#Para iniciar

Este boxe tem o objetivo de auxiliá-lo (a) na identificação dos conhecimentos prévios, das habilidades, das atitudes e dos valores dos estudantes. Por isso, sugerimos que eles realizem o registro de suas respostas iniciais no caderno, a fim de que possam ser retomadas e revistas no final do capítulo. Isso contribuirá para que se conscientizem do desenvolvimento de suas aprendizagens e da construção do seu conhecimento.

Sugestões de respostas e comentários às questões propostas:

- Radiografia convencional (raio-X), tomografia computadorizada, ressonância magnética, ultrassonografia, mamógrafo. Todos esses aparelhos utilizam a radioatividade em seu funcionamento.
- Medicina, produção de energia elétrica, agricultura, Química, indústrias, Geologia e Arqueologia. Caso predominem os posicionamentos contra o uso da radioatividade ou cuja manipulação ofereça um risco que não valha a pena correr, instigue-os a comentar a origem dessa ideia. São altas as probabilidades que venham de associações com notícias de acidentes nucleares, produções artísticas e literárias sobre ficção científica, entre outros. Isso pode dar início a uma sensibilização mais efetiva e criar abertura para a curiosidade sobre o assunto. Caso considere pertinente, peça aos estudantes que façam breves pesquisas sobre os setores beneficiados e publiquem, se possível, os resultados nas páginas de redes sociais da escola; assim você favorece a aproximação dos conteúdos estudados das **culturas juvenis**.

CAPÍTULO 6

Radioatividade

Objetivos do capítulo

- Identificar os principais eventos históricos que proporcionaram descobertas importantes nos estudos das radiações e da estrutura da matéria.
- Reconhecer os avanços tecnológicos que permitiram a aplicação da radioatividade na área da saúde.

Na BNCC

Habilidades: EF09CI03 e EF09CI07.

Os avanços nos estudos da radioatividade permitiram, entre outros benefícios, o desenvolvimento dos equipamentos de diagnóstico por imagem.

Gorodenkoff/Shutterstock

Quem diria que todo aquele barulho que a Física quântica provocou no início do século XX resultaria numa realidade em que é possível "observar" um corpo humano por dentro, sem ter que abri-lo com um bisturi? Enquanto os cientistas mais céticos alardeavam que aquela era uma conversa de pura ficção científica, aqueles que apostaram nas ideias revolucionárias, que derrubavam conceitos absolutos e colocavam no lugar uma nova perspectiva sobre a matéria, viram abrir portas que sequer imaginavam ser possíveis. A partir do momento em que o átomo foi aceito como um sistema formado por várias subpartículas, as quais apresentam comportamentos diferentes, de acordo com o tipo de estímulo a que são submetidas, alguns fenômenos observáveis puderam ser explicados.

Superada a etapa de aceitação e de interpretação desses fenômenos, diversas inovações tecnológicas passaram a surgir: aparelhos de diagnóstico por imagem, eletroeletrônicos baseados em *LEDs* (sigla de *Light Emitting Diode*, em inglês, que significa "diodo emissor de luz"), dispositivos a *laser*, sensores de alta sensibilidade para o monitoramento do clima, entre outros. Grande parte dessas inovações foi baseada em fenômenos relativos a materiais radioativos, os quais iremos investigar neste capítulo.

NÃO ESCREVA NO LIVRO

#Para iniciar

- **Quais são os principais tipos de aparelhos que permitem a realização de exames com geração de imagens de partes do corpo humano? Qual é a relação desses aparelhos com fenômenos radioativos?**
- **Quais são os setores da sociedade que mais foram beneficiados com os avanços nos estudos dos fenômenos radioativos?**

Respostas pessoais para mobilização dos conhecimentos prévios dos estudantes. Consulte as Orientações didáticas.

Reprodução do Livro do Estudante em tamanho reduzido.

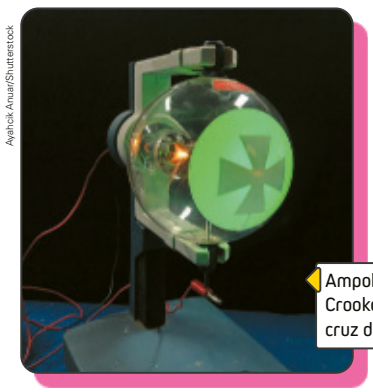
A identificação da radioatividade

Após compreendermos, no **Capítulo 5**, os principais trabalhos que influenciaram na evolução das teorias atômicas, vamos estudar em mais detalhes a identificação da radioatividade e alguns dos reflexos dessa descoberta na qualidade de vida da sociedade moderna.

A identificação da radioatividade, em suas raízes históricas, tem relação com um dos experimentos mais marcantes na evolução dos modelos atômicos. Lembra da ampola de Crookes?

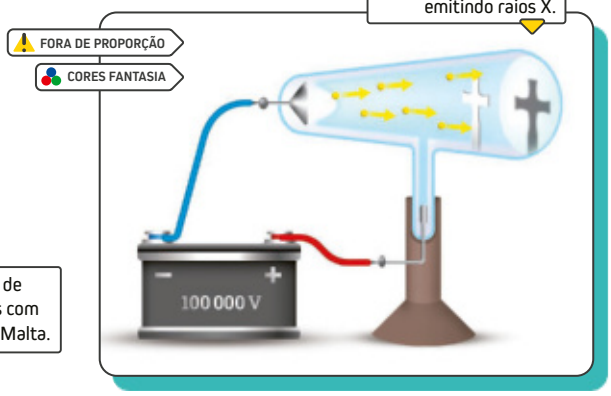
No capítulo anterior mencionamos, rapidamente, que os testes experimentais com a ampola de Crookes, envolvendo descargas elétricas em gases, despertaram o interesse de, pelo menos, dois grupos de cientistas: os que estudavam a natureza do feixe emitido pelo cátodo e os que queriam saber o que causava a luminescência esverdeada no vidro.

Na discussão sobre os modelos atômicos, explicamos os resultados obtidos pelo primeiro grupo. Agora, vamos conhecer um pouco mais o trabalho investigativo do segundo grupo, que determinou a existência dos raios X.



Ayahcik Anuar/Shutterstock

Ampola de Crookes com cruz de Malta.

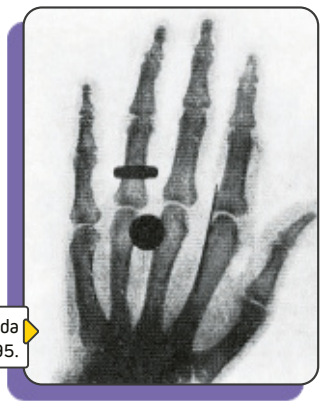


No experimento com a ampola de Crookes que gera a cruz de Malta, a sombra projetada no fundo da ampola indica que os raios catódicos viajam em linha reta, e a luz verde demonstra que as partículas que passaram interagiram com a substância aplicada no vidro, emitindo raios X.

R2 Editorial/Arquivo da editora

O nome "raios X" foi dado pelo físico alemão Wilhelm Conrad Röntgen (1845-1923), que, em 1896, afirmou que o brilho verde observado experimentalmente era algo ainda desconhecido para a ciência. Röntgen investigou um pouco mais o fenômeno e constatou que os raios X eram capazes de atravessar corpos opacos, deixando seus contornos gravados em chapas fotográficas. Nascia a primeira técnica de diagnóstico por imagem.

A divulgação da investigação sobre os raios X causou uma enxurrada de publicações científicas no ano de 1896. Muitos pesquisadores estavam interessados naquela novidade e, quanto mais características eram descobertas, mais fascinante ela ficava. Dentre os vários pesquisadores desse período, destacaram-se três figuras apresentadas no boxe a seguir.



Pictorial Press Ltd/Alamy/Fotoarena

Quando Röntgen testou o efeito dos raios X na mão da esposa, criou a primeira radiografia da história, em 1895.

Reprodução do Livro do Estudante em tamanho reduzido.

Orientações didáticas

Inicialmente, sugerimos que você faça um resgate dos estudos e experimentos relacionados ao desenvolvimento da teoria atômica, vistos no **Capítulo 5**.

Caso tenha optado pela construção da linha do tempo da constituição da matéria, sugerida também no capítulo anterior, solicite aos estudantes que revisitem essa produção e tentem perceber se conseguem responder qual foi o modelo atômico desenvolvido com base em observações experimentais do funcionamento da ampola de Crookes. Em seguida, você pode perguntar a eles como funciona a ampola e quais foram as principais conclusões a que os cientistas chegaram, ao usarem esse instrumento. Espera-se que os estudantes relacionem o uso desse instrumento à comprovação das teorias propostas por Thomson.

Depois, sugerimos que faça a leitura do texto com os estudantes, fazendo pausas caso perceba que algum conceito não está sendo compreendido. Reforce com eles que as descargas elétricas originaram fenômenos complexos e difíceis de serem explicados naquela época. Röntgen, apesar de ser menos conhecido do que outros físicos da época, teve um papel importantíssimo como um dos pioneiros nos estudos das emissões radioativas, no caso, os raios X.

O conteúdo apresentado favorece o trabalho com a competência geral 1 e as competências específicas 1 e 3 de Ciências da Natureza.

Orientações didáticas

#A Ciência é feita por pessoas

Este boxe busca destacar os grandes nomes por trás das pesquisas e descobertas científicas, bem como o contexto histórico no qual elas foram realizadas. Conhecer História e Filosofia da Ciência é fundamental para a compreensão de que a ciência é um processo dinâmico e mutável, relacionado com diversos fatores do cotidiano, e de que a dinâmica da natureza e seus diversos conceitos foram desenvolvidos com base na metodologia científica, levando em consideração os conhecimentos adquiridos posteriormente em uma cultura ou pela comunidade científica.

Sugerimos que você faça a leitura coletiva do texto com os estudantes, chamando a atenção deles para os desafios que Marie Curie pode ter enfrentado durante sua carreira, bem como suas contribuições para a valorização e o reconhecimento do trabalho das mulheres cientistas.

O texto deste boxe pode proporcionar um debate interessante sobre quais são os fatores impeditivos que ainda permanecem presentes na nossa sociedade e que refletem a subvalorização das mulheres em vários setores. Não se trata de "apenas mais um exemplo" dentre centenas ao longo de toda a história, mas do caso de uma das cientistas mais célebres de todos os tempos e que, ao longo de sua biografia, se viu várias vezes impedida de trilhar seus objetivos, puramente por restrições que a sociedade lhe impôs em razão de ser mulher, acentuadas pela época e pelos locais por onde passou.

Se achar pertinente, é interessante expandir essa questão para outras cientistas; para isso, sugerimos que solicite uma pesquisa em grupo para levantar informações sobre diferentes mulheres que contribuíram para o desenvolvimento científico e tecnológico de seu país, mas que não tiveram o mesmo reconhecimento que seus pares. Os estudantes podem compartilhar seus resultados da maneira que preferirem, mas incentive-os a confeccionar cartazes que possam ser expostos na escola ou a produzir publicações para as mídias sociais da escola, aproximando-os das **culturas juvenis**.

#A ciência é feita por pessoas

Antoine Becquerel, Marie Curie e Pierre Curie

Print Collector/Getty Images

Da esquerda para a direita: Becquerel, Pierre e Marie Curie, em fotografia tirada em 1º de janeiro de 1906.

Antoine-Henri Becquerel (1852-1908) foi um físico francês que começou a investigar as radiações emitidas naturalmente, sem qualquer fonte de energia, por minerais que contêm o elemento químico urânio (U).

Marie Sklodowska Curie (1867-1934) foi uma física polonesa que se dedicou ao estudo da natureza das radiações emitidas pelo urânio, observadas por Becquerel, e constatou que se tratava de algo totalmente diferente de tudo o que já havia sido relatado por outros pesquisadores. Marie se naturalizou francesa após se casar com Pierre Curie (1859-1906), físico francês que colaborou com suas pesquisas. Ambos, Pierre e Marie, foram professores da Universidade de Sorbonne, em Paris, França.

Foi Marie Curie que criou o termo "radioatividade" para explicar a emissão espontânea de radiação pelo núcleo de um átomo, o qual passa a ser chamado de **núcleo radioativo** ou **radioisótopo**. Esse fenômeno também foi verificado em outros elementos químicos já conhecidos naquela época, como o tório (Th), e em novos elementos, como o polônio (Po) e o rádio (Ra), identificados por Marie em 1898.

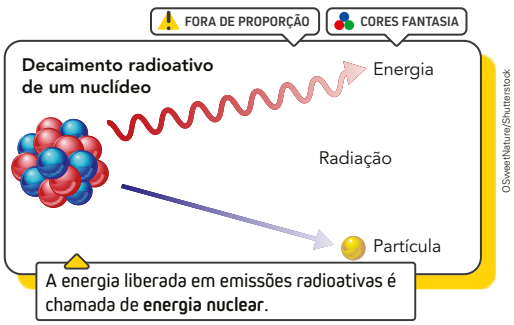
Pela identificação do polônio, Marie dividiu o prêmio Nobel de Física de 1903 com Pierre, pela colaboração nas pesquisas, e com Becquerel, pelas contribuições iniciais ao estudo da radioatividade. Um fato marcante dessa premiação, além de Marie ter sido a primeira mulher a receber um prêmio Nobel, foi a sua divisão: Becquerel recebeu metade do prêmio, enquanto o casal Curie recebeu a outra metade. Por esse motivo, Marie, que encabeçou a pesquisa, recebeu apenas um quarto da premiação.

Em 1911, Marie recebeu o segundo prêmio Nobel, dessa vez em Química, devido à identificação do elemento rádio. Esse feito a tornou a primeira pessoa a ganhar dois prêmios Nobel na mesma área.

Madame Curie, como também era chamada, faleceu em 1934, em decorrência de um câncer causado pelo longo período a que ficou exposta, sem as proteções adequadas, a materiais radioativos, devido à falta de informações a esse respeito na época.

Em 2018, uma revista britânica elegeu as cem mulheres que mudaram o mundo e Marie Curie ficou no topo dessa lista, sendo considerada a mulher mais influente de toda a história.

Ao longo do tempo, a radioatividade se tornou uma das propriedades da matéria que mais fascina cientistas. A capacidade de alguns elementos químicos emitirem radiação, espontaneamente ou de maneira induzida, é um fenômeno que ocorre no núcleo do átomo. A radiação emitida pelos núcleos de elementos radioativos pode ser composta de partículas e de ondas eletromagnéticas de alta energia. Esse fenômeno também é conhecido como **decaimento nuclear**.



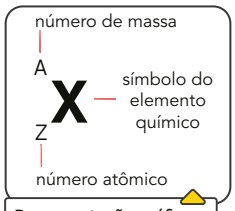
OSweetNature/Shutterstock

Reprodução do Livro do Estudante em tamanho reduzido.

#Para saber

Tudo se Transforma, Radiações, Marie Curie
Esse vídeo, com cerca de 12 minutos de duração, traz uma explicação, de forma lúdica, sobre os estudos de Marie Curie.
Disponível em: https://www.youtube.com/watch?v=tO3QMbIAhRI&t=2s. Acesso em: 6 maio 2022.

Na Física, quando queremos nos referir a um núcleo específico de um átomo, com seus prótons e nêutrons característicos, o chamamos de **nuclídeo**. Podemos representar graficamente um nuclídeo de um elemento químico por meio de um símbolo (em geral, uma ou duas letras que representam o nome do elemento) com a quantidade de prótons (**número atômico, Z**) subscrita à esquerda e a soma de prótons e nêutrons (**número de massa, A**) sobrescrita à esquerda.



Representação gráfica de um nuclídeo.

Nuclídeos que apresentam o **mesmo número atômico** são átomos diferentes de **um mesmo elemento químico**. Nesses casos, eles levam a denominação **isótopos**. Os isótopos podem ser diferenciados com seu número de massa registrado em seguida do nome do elemento. O carbono, por exemplo, apresenta três isótopos: o carbono-12, o carbono-13 e o carbono-14.

Isótopos do carbono		
Carbono-12	Carbono-13	Carbono-14
$^{12}_{6}C$	$^{13}_{6}C$	$^{14}_{6}C$
6 prótons	6 prótons	6 prótons
6 nêutrons	7 nêutrons	8 nêutrons

Quadro comparativo das características dos três isótopos do carbono.

No **Capítulo 11** vamos retomar as radiações e suas aplicações, em especial na área da saúde. Neste momento, vamos resumir as principais propriedades das radiações emitidas pelos núcleos radioativos, já conhecidas no final do século XIX. Radiações:

- têm a capacidade de ionizar átomos ou moléculas gasosas, ou seja, de produzir **íons**;
- atravessam finas camadas de metal;
- emitem energia térmica espontaneamente;
- propagam-se independentemente do estado físico do meio.

No início da chamada "era da radioatividade", ou seja, no início do século XX, foi desenvolvida uma série de produtos para as áreas médica, cosmética, alimentícia, entre outras, como comprimidos e injeções à base de rádio para o tratamento de doenças; águas, cremes e lamas radioativas que prometiam uma revitalização mágica da pele; artigos para bebês; alimentos; águas minerais; produtos de higiene e limpeza; entre outros. Os efeitos nocivos do uso não controlado desse tipo de material ainda eram desconhecidos naquele período.

Atualmente, a manipulação de materiais radioativos depende de qualificação técnica e estrutura adequadas, e pouquíssimas pessoas têm acesso a fontes radioativas de média e alta periculosidade.

Íons: espécie química formada quando a quantidade de elétrons de um átomo neutro é alterada. A adição de elétrons forma **íons negativos**, chamados de **ânions**, enquanto a remoção de elétrons gera **íons positivos**, chamados de **cátions**. A formação de íons positivos pode ocorrer, por exemplo, quando átomos neutros e no estado gasoso são bombardeados por algum tipo de partícula. Em alguns momentos, nesta unidade, nos referimos a esse processo como uma **ionização**.

O papel da radioatividade para os modelos atômicos

Considerando as pesquisas voltadas à identificação das propriedades dos elementos radioativos e ao entendimento de como a radioatividade funcionava, conseguimos compreender de onde veio a inspiração de Rutherford para o experimento que lhe forneceu evidências para as

Reprodução do Livro do Estudante em tamanho reduzido.

Orientações didáticas

Sugerimos que você comente com os estudantes que a evolução do uso dos símbolos contribuiu para a representação das características e informações referentes aos elementos químicos, por exemplo, os elementos radioativos.

Em seguida, faça a leitura do texto coletivamente com os estudantes e apresente isótopos do carbono. Caso perceba alguma defasagem de conhecimento em relação às partículas que compõem o átomo, retome esse conteúdo.

Depois, você pode apresentar a eles outros elementos que sejam isótopos. O resgate das características dos prótons e dos nêutrons e suas relações ajudará na caracterização de elementos químicos.

Sugerimos que você reforce a informação, contida no texto, de que a radioatividade chamou muito a atenção dos cientistas no início do século XX, salientando que, nesse período, ainda não se conheciam os efeitos do uso dos elementos radioativos em tecidos vivos, visto que esses elementos estavam sendo estudados. Em seguida, você pode explicar como a compreensão acerca das propriedades das radiações contribuíram com os estudos dos modelos atômicos, de forma que os estudantes percebam como os assuntos discutidos estão inter-relacionados. Um dos conceitos principais nessa parte do capítulo é o íon e a utilização do termo ionização. Como ele não é exclusivamente associado a fenômenos radioativos, é importante que o estudante perceba o contexto em que estão sendo usados dentro dessa área do conhecimento. Ainda sobre as características das radiações, a capacidade de atravessar finas camadas de metal é uma das propriedades que pode ser destacada para relacioná-las ao experimento de Rutherford, que culminou na descoberta do próton.

Orientações didáticas

Inicialmente, sugerimos que você retome a explicação de como a descoberta da radioatividade contribuiu com os trabalhos de Rutherford.

Em seguida, inicie a leitura do texto com os estudantes. Você também pode perguntar por que o elemento radioativo utilizado durante o experimento emitia radiações que atravessavam a lâmina de ouro e como foram caracterizadas as cargas elétricas das emissões. Nesse sentido, você pode explicar as propriedades relacionadas à massa, à carga elétrica e ao poder de penetração das emissões alfa, beta e gama.

#Para interpretar

As atividades deste boxe oferecem aos estudantes a oportunidade de desenvolver as habilidades de leitura, uma vez que demanda processos de compreensão e inferência de textos. Após a leitura do texto, peça aos estudantes que respondam às atividades no caderno e, depois, disponibilize um período para discutir a leitura e as respostas.

Você pode separar a turma em duplas e pedir aos estudantes que consultem suas pesquisas e anotações, a fim de que tenham subsídios para as discussões e possam construir as respostas das questões. Se achar pertinente e houver disponibilidade, exiba o vídeo do boxe *#Para saber +*.

Sugestões de respostas e comentários às questões propostas:

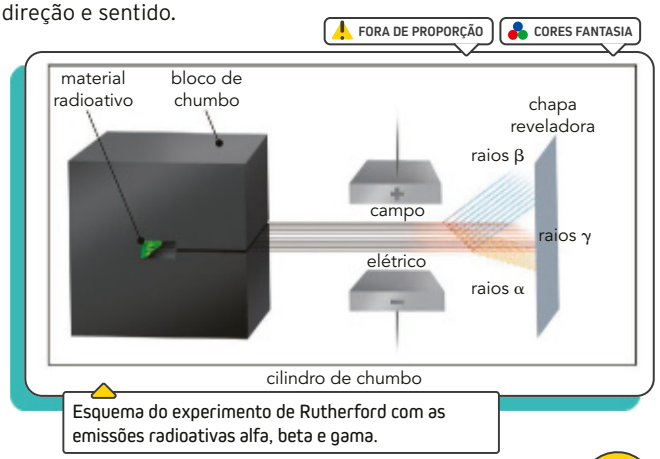
1. Como foram atraídas pela parte positiva do campo elétrico, as partículas beta têm carga negativa, assim como os elétrons. Os raios gama são neutros, pois não apresentaram desvio em sua trajetória.

2. A questão propõe um resgate do conhecimento do estudante sobre a composição do núcleo atômico, de forma que pense em suas partículas formadoras mais comuns: o próton e o nêutron. Se outras respostas forem apresentadas, peça que relatem de que fonte obtiveram a informação.

bases de sua teoria atômica: uma das características da radiação emitida por um radioisótopo é que ela consegue atravessar finas folhas de metal. Rutherford, à época, havia identificado a carga de algumas partículas emitidas por materiais radioativos. Portanto, a ideia de bombardear uma lâmina de ouro com essas partículas para observar seus efeitos ocorreu de forma natural.

Antes do experimento com a folha de ouro, Rutherford testou materiais que emitiam diferentes tipos de radiação. Submetendo as emissões a um campo elétrico, ele observou dois tipos de resultado: desvio de trajetória e invariabilidade de direção e sentido.

Aquelas que sofreram desvio, sendo atraídas para a direção negativa do campo elétrico, foram chamadas de **partículas alfa** (α); as que foram desviadas para a placa positiva foram denominadas **partículas beta** (β); e as que mantiveram sua trajetória, sem desvios, se revelaram um tipo de radiação de altíssima energia e levaram o nome de **raios gama** (γ).



Esquema do experimento de Rutherford com as emissões radioativas alfa, beta e gama.

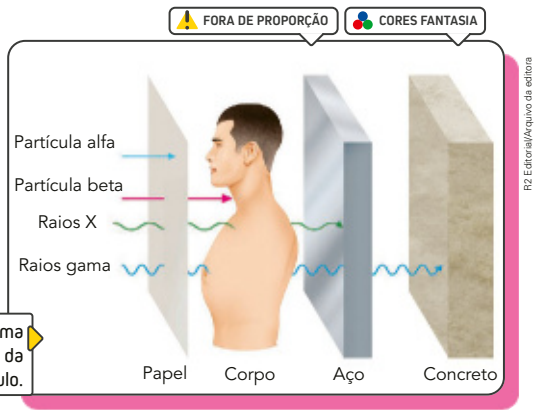
#Para interpretar

NÃO ESCREVA NO LIVRO

1 Após a leitura do texto sobre o experimento de Rutherford com emissões radioativas alfa, beta e gama, qual é a sua conclusão sobre a natureza elétrica da partícula beta e dos raios gama? Por quê? **1.** Resposta pessoal. Consulte as Orientações didáticas.

2 Além das partículas alfa e beta, você consegue deduzir que outras partículas podem estar presentes em emissões nucleares? **2.** Resposta pessoal. Consulte as Orientações didáticas.

Se você analisar com atenção o esquema do experimento de Rutherford, vai observar que os materiais foram colocados em um cilindro de chumbo. A razão da escolha desse material é a mesma pela qual os exames de raios X são realizados em cabines que contam com proteções feitas de chumbo: o **grau de penetrabilidade** das emissões dos materiais radioativos empregados nesses tipos de exames. Acompanhe o esquema.



A capacidade de uma radiação atravessar uma superfície está relacionada com a energia da radiação e do material do obstáculo.

Reprodução do Livro do Estudante em tamanho reduzido.

#Para saber +

Pontociência – Alfa e beta: dois tipos de radiação
Esse vídeo, com 3 minutos de duração, traz um experimento em que é possível comprovar o comportamento das radiações alfa e beta.
Disponível em: https://www.youtube.com/watch?v=NOW0yGgvMmI. Acesso em: 6 maio 2022.

Aplicações da radioatividade

A partir do momento em que os fenômenos radioativos passaram a ser compreendidos, cientistas começaram a pesquisar meios de explorar o seu mecanismo. Um caminho seguido foi o de canalizar a energia térmica produzida na emissão de radiação e transformá-la em energia elétrica. Outro campo de estudos envolveu o controle e a dosagem da radiação emitida em alguns eventos radioativos para aplicações em organismos vivos, como animais e plantas. Nesse sentido, a Física nuclear produziu conhecimento e tecnologia que beneficiaram outros setores da sociedade.

Mark_Kostich/Shutterstock

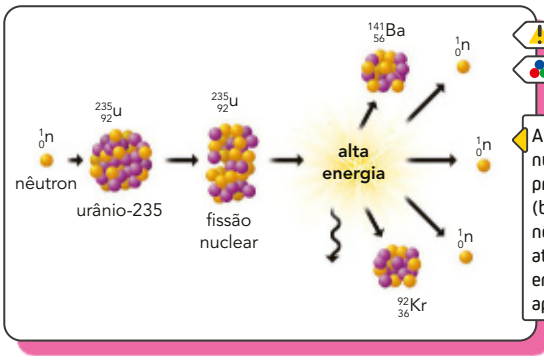
A utilização da radioatividade para o tratamento de determinadas doenças foi um dos benefícios para a sociedade. Na imagem, tratamento de radioterapia em mulher com câncer de mama.

A energia nuclear

Os estudos da Física nuclear trouxeram a compreensão de que uma partícula emitida com energia suficiente pode colidir com nuclídeos de átomos instáveis e provocar sua ruptura em um processo chamado de **fissão nuclear induzida**. Poucos isótopos, chamados de **fissionáveis**, têm a capacidade de ser quebrados dessa forma.

Quando ocorre a fissão de um nuclídeo, além de haver emissão de radiação, são obtidos núcleos mais leves (de menor massa) e mais estáveis. A energia térmica liberada nesse processo é a base para a obtenção de energia elétrica nas usinas nucleares. Um dos elementos químicos mais utilizados nessas instalações é o urânio-235.

Como debatemos no 8º ano, nos diferentes estados brasileiros temos a geração de energia em usinas hidrelétricas, termelétricas, eólicas, solares e nucleares. Apesar do receio de boa parte da população, por influência de alguns acidentes que ocorreram ao longo da história, uma usina nuclear, se operada dentro das rígidas normas de segurança, oferece vantagens em comparação com outras fontes energéticas. Usinas nucleares demandam um espaço físico menor para sua instalação e não dependem de condições geográficas favoráveis, como grandes áreas inundadas, altos índices de recepção de radiação solar, ventos com velocidades adequadas. Essas são as principais vantagens do uso da energia nuclear.



R2 Editorial/Acervo da editora

Ao ser atingido por um nêutron, um nuclídeo de urânio-235 é fissionado, produzindo dois nuclídeos mais leves (bário-141 e criptônio-92) e mais três nêutrons, que reiniciam o processo ao atingir novos núcleos de urânio-235. A energia gerada no processo pode ser aproveitada em uma usina nuclear.

Reprodução do Livro do Estudante em tamanho reduzido.

Orientações didáticas

Sugerimos que você peça aos estudantes que realizem uma atividade de pesquisa sobre os riscos e os benefícios envolvendo o uso de energia elétrica proveniente de usinas nucleares. Nessa pesquisa, é importante que eles expliquem quais países mais utilizam energia nuclear, como se dá o processo de fissão nuclear (responsável pela produção de energia elétrica) e pesquisem os principais acidentes nucleares que ocorreram ao longo da história, por exemplo, o acidente da usina nuclear de Chernobyl. A socialização das informações pode ocorrer por meio de vídeos produzidos pelos estudantes, *podcasts*, apresentações orais com recursos multimídias ou ainda com alguma outra ferramenta digital, a fim de conscientizar a comunidade escolar sobre os benefícios, os perigos e os impactos relacionados ao uso desse tipo de recurso energético.

A polêmica em torno do tema dá uma boa abertura para um debate em sala de aula. É possível organizar a turma em dois grupos, o dos que defendem o uso de energia nuclear e o dos que não concordam com a sua utilização. É importante que os grupos apresentem suas conclusões com argumentos científicos, construídos com base em suas pesquisas e discussões ao longo da aula.

O conteúdo apresentado e a abordagem sugerida favorecem o trabalho com os Temas Contemporâneos Transversais Ciência e Tecnologia e Saúde.

Orientações didáticas

Para enriquecer o trabalho com o conteúdo desta página, sugerimos que você peça aos estudantes, antes da aula, para fazer uma rápida pesquisa sobre como ocorre a produção de energia elétrica nas usinas nucleares brasileiras Angra 1 e Angra 2, e quais são os projetos de ampliação do uso desse tipo de energia no Brasil, registrando os resultados no caderno para a aula. Se achar pertinente, ao iniciar o conteúdo, peça a algum estudante que leia em voz alta os resultados da pesquisa, incentivando, assim, o compartilhamento do conhecimento.

Após a leitura do texto do boxe, é importante que você pergunte aos estudantes quais são os impactos dessas usinas nas regiões em que estão instaladas. Procure direcionar o debate para a questão do meio ambiente, por exemplo, o descarte dos resíduos tóxicos ou possíveis vazamentos de radiação. Se achar pertinente, você pode finalizar o debate solicitando aos estudantes que pesquisem quais são as precauções para a evacuação da população que reside nessas regiões, caso ocorra algum tipo de acidente radioativo.

#Para interpretar

As atividades deste boxe oferecem aos estudantes a oportunidade de desenvolver as habilidades de leitura, uma vez que demandam processos de compreensão e inferência de textos. Após a leitura do texto, peça aos estudantes que respondam às atividades no caderno e, depois, disponibilize um período para discutir a leitura e as respostas.

1 e **2.** As respostas às questões propostas estão no Livro do Estudante.

#Para interpretar

NÃO ESCREVA NO LIVRO

De vilã a fonte 'verde': Brasil retoma projeto de energia nuclear

Assim como em outros países do mundo, projeto nuclear volta a ganhar força como alternativa para fugir da solução fóssil; financiamento e impacto no meio ambiente são questionados

O Brasil, tendo à frente o Ministério de Minas e Energia (MME), já tomou sua decisão. A energia nuclear, como provam os planos para a construção da usina Angra 3 e o anúncio da construção de uma nova usina, é uma realidade que está no planejamento do governo para as próximas décadas. Pelo menos, até 2050, como mostra o Plano Nacional de Energia 2050 (PNE 2050).

Governo Federal/Ministério de Minas e Energia

O PNE é um conjunto de estudos e diretrizes que estabelecem estratégias para o setor energético brasileiro a longo prazo.

Enquanto isso, em outros países, em um contexto onde os preços da energia estão em alta e as mudanças climáticas obrigam todos a deixar o mundo do petróleo e do carvão, o assunto causa divisão.

[...]

Nos Estados Unidos, os 90 reatores nucleares em operação produziram um quinto da energia do país em 2020. E os planos de expansão estão sobre a mesa. Na Europa, a França, onde a energia nuclear sempre foi muito importante e é responsável por 61% da produção energética nacional, continua até tentando influenciar o bloco europeu a rotular a energia nuclear como verde – o que facilitaria as linhas de investimentos que se voltam cada vez mais para um mundo com menos carbono.

Até na Alemanha o debate voltou. Os germânicos decidiram abandonar novos investimentos do setor. Algumas usinas serão desligadas [...] nos próximos anos. O país, que tem por volta de 50% da sua matriz energética centrada em fontes renováveis, gera 11% da demanda anual em reatores nucleares.

Mas o debate não está totalmente encerrado. Pesquisas recentes feitas com a opinião pública mostram que um terço da população aceitaria manter as usinas nucleares funcionando se fosse para reduzir o preço da energia.

[...]

"A energia nuclear é parte da solução para o grave problema da emissão de gases causadores de efeito estufa pela geração de eletricidade com combustíveis fósseis, contribuindo para sérias mudanças climáticas", defende Aquilino Senra, físico e professor da Universidade Federal do Rio de Janeiro (UFRJ) desde os anos 1970.

[...]

GERAQUE, E. De vilã a fonte "verde": Brasil retoma projeto de energia nuclear. *CNN Brasil*, [*s. l.*], 9 nov. 2021. Disponível em: https://www.cnnbrasil.com.br/business/de-vila-a-fonte-verde-brasil-retoma-projeto-de-energia-nuclear/. Acesso em: 5 mar. 2022.

1 **De acordo com o texto, qual é o principal benefício da utilização da energia nuclear?**
1. O principal benefício, segundo o texto, é a solução para o grave problema da emissão de gases do efeito estufa.

2 **Por que alguns países estão abandonando a energia proveniente de petróleo e de carvão?**
2. Devido aos valores altos dessas fontes e às mudanças climáticas.

Reprodução do Livro do Estudante em tamanho reduzido.

#Para saber

Entramos na Usina Nuclear de Angra!!!
Esse vídeo, com cerca de 27 minutos de duração, explica como funcionam as usinas de Angra 1 e 2.
Disponível em: https://www.youtube.com/watch?v=ZsR-2zkEwCM. Acesso em: 7 maio 2022.

Os exames radiográficos e o diagnóstico por imagem

Lembra-se da primeira imagem de uma estrutura óssea em uma chapa fotográfica, ou seja, a primeira **radiografia** da história? A chapa radiográfica da mão da esposa de Röntgen foi um marco no que diz respeito à geração de imagens da parte interna de um organismo, sem intervenção cirúrgica, e resultou no prêmio Nobel de Física para Röntgen, em 1901. Com a capacidade de imprimir o contorno de um objeto em uma chapa reveladora, o **aparelho de raios X**, tendo passado por algumas modernizações, tem ampla aplicação até os dias atuais.

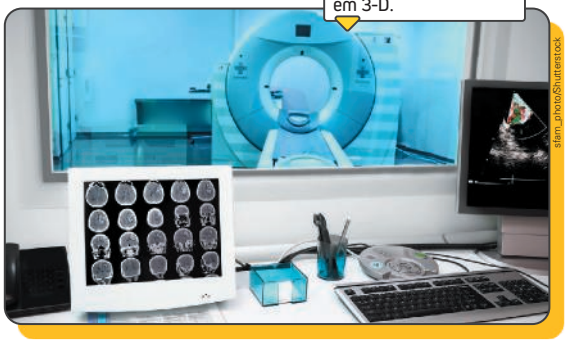
Os exames de diagnóstico da chamada Medicina nuclear contam com fontes de radiação (radioisótopos), meios de propagação (tecidos, órgãos, corrente sanguínea) e detectores e programas computacionais para a geração de imagens. O que não passava de sonhos futuristas no início do século passado, atualmente ajuda especialistas a identificar e monitorar doenças e alterações em seres vivos.

Gorodenkoff/Shutterstock

David Tadevosian/Shutterstock

Em exames de raios X (**A**), é possível obter uma chapa radiográfica com uma imagem impressa em 2-D (**B**).

Em 1972, mais de meio século após a descoberta dos raios X, uma nova técnica de diagnóstico por imagem foi desenvolvida. O engenheiro eletricista britânico Godfrey Hounsfield (1919-2004) e o físico sul-africano Allan McLeod Cormak (1924-1998) inventaram a **tomografia computadorizada**, uma maneira de obter imagens mais detalhadas do interior dos corpos. Sete anos depois, em 1979, os dois receberam o prêmio Nobel de Medicina e Fisiologia pela invenção. Enquanto uma radiografia comum fornece uma imagem bidimensional da região examinada, a tomografia mostra uma visão do órgão em três dimensões e com vários tons de cinza que diferenciam os tipos de tecidos. Mais detalhes sobre essas duas técnicas serão debatidos no **Capítulo 11**.


As imagens geradas por tomografia mostram-se como cortes do órgão em diferentes ângulos, em 3-D.

sfam_photo/Shutterstock

Reprodução do Livro do Estudante em tamanho reduzido.

#Para saber

Como funciona uma máquina de raios X hospitalar
Nesse texto, há uma explicação sobre o funcionamento de uma máquina hospitalar de raios X. Se possível, compartilhe o texto com os estudantes.
Disponível em: https://museuweg.net/blog/como-funciona-o-raio-x-descubra-sua-historia-e-suas-caracteristicas/. Acesso em: 20 abr. 2023.

Orientações didáticas

Sugerimos que você faça um breve resgate histórico para explicar a importância e a influência dos estudos de Röntgen para o desenvolvimento dos exames diagnósticos, utilizados na identificação de doenças e de algumas alterações no corpo.

O conteúdo apresentado pode continuar auxiliando os estudantes a perceber os benefícios que essas descobertas e estudos trouxeram para a Medicina, assunto que será tratado nas próximas páginas.

Se achar pertinente, você pode utilizar a **metodologia ativa** de sala de aula invertida, solicitando aos estudantes que, antes da aula, pesquisem em fontes confiáveis as aplicações da radiação na Medicina. Você pode ir além e solicitar a eles que pesquisem os radioisótopos, assunto que será tratado no tópico *Os radioisótopos na Medicina*, mais adiante. As pesquisas podem ser compartilhadas com toda a turma em uma aula escolhida por você.

Orientações didáticas

Nesse momento, continue a trabalhar com os estudantes os exames radiográficos. Sugerimos que pergunte a eles se conhecem a ressonância magnética e se alguém que já fez esse exame. Deixe que compartilhem o que já sabem, sem fazer correções nesse momento.

Em seguida, inicie a leitura coletiva do texto, fazendo pausas para explicar termos que eventualmente os estudantes não conheçam.

Na mesma década em que a tomografia se tornava realidade nos centros de diagnósticos por imagem, outra técnica começava a ganhar destaque na área da Medicina. A **ressonância magnética nuclear** já havia sido inventada cerca de duas décadas antes, e era usada para análises nos campos da Química e da Física. Foi só na década de 1970 que passou a ser aplicada na Medicina. Seus idealizadores foram o químico americano Paul C. Lauterbur (1929-2007) e o físico britânico Peter Mansfield (1933-2017). Mesmo trabalhando separadamente, os dois inventores dividiram o prêmio Nobel de Medicina e Fisiologia de 2003.

Para saber um pouco mais dessa técnica, leia o trecho a seguir.

Ressonância magnética: uma importante ferramenta no diagnóstico por imagem

Exame é um dos grandes aliados para a realização de um diagnóstico preciso

Uma das grandes aliadas para o diagnóstico e a garantia de um tratamento efetivo contra as doenças é a ressonância magnética. Este é um exame que consegue criar imagens em alta definição das estruturas internas do corpo humano.

O aparelho de ressonância possui um grande ímã capaz de gerar um campo eletromagnético que consegue ordenar os movimentos das moléculas de água do corpo e [...] permite a formação de imagens detalhadas e de alta qualidade, permitindo o diagnóstico das mais variadas doenças [...].

[...]

'A ressonância é uma importante ferramenta de diagnóstico por imagem que vai utilizar do campo magnético para a formação de imagens de alta definição da grande maioria dos tecidos do corpo humano. [...] É um exame que pode ser realizado em praticamente todas as partes do corpo humano e que possui uma ampla gama de indicações e de diagnóstico', explica o médico radiologista do Hospital São José, Igor Leal Leite Scalzer (CRM – 29458 | RQE – 19569).

De acordo com o especialista, o paciente que chega ao hospital para fazer o exame já foi orientado, respondeu a um questionário para saber se ele possui algum tipo de material metálico no corpo que proíba de fazer o exame. Dependendo da área a ser examinada, como a área abdominal, há a necessidade de jejum e ingestão de antiespasmódico.

[...]

'A ressonância hoje é um método de diagnóstico fundamental para a conduta médica desde patologias do sistema nervoso central, do sistema músculoesquelético, estadiamento de doenças oncológicas, do sistema cardiovascular, coluna, entre outras. É fundamental no diagnóstico de tumores e metástases cerebrais, doenças infecciosas do sistema nervoso central.' [...] Reforça o profissional.

HOSPITAL SÃO JOSÉ. Ressonância magnética: uma importante ferramenta no diagnóstico por imagem. *G1*, [*s. l.*], 25 out. 2021. Disponível em: https://g1.globo.com/sc/santa-catarina/especial-publicitario/hospital-sao-jose/noticia/2021/10/25/ressonancia-magnetica-uma-importante-ferramenta-no-diagnostico-por-imagem.ghtml. Acesso em: 10 fev. 2022.

PhotoAlto/Frederic Cirou/Getty Images

Realização de um exame por ressonância magnética nuclear.

Reprodução do Livro do Estudante em tamanho reduzido.

#Para saber

Como funciona a ressonância magnética – parte 1
Nesse vídeo, com cerca de 2 minutos de duração, o primeiro de uma série de três, há uma explicação sobre o funcionamento dos exames de ressonância magnética. Disponível em: https://www.youtube.com/watch?v=YeVHTjMwVTo. Acesso em: 7 maio 2022.

Os radioisótopos na Medicina

Se o objetivo de um exame for verificar alguma anormalidade em estruturas internas de um corpo, os aparelhos de diagnóstico por imagem são suficientes. Agora, se for necessário monitorar o funcionamento do organismo, em termos de substâncias presentes, para avaliar se o metabolismo está de acordo com índices esperados, é necessário utilizar outras estratégias.

Alguns núcleos radioativos, que estamos chamando de radioisótopos, podem atuar nos organismos dos seres vivos como indicadores: sua presença ou seu modo de ação em determinada região do corpo fornece pistas do que pode estar acontecendo por lá. Nesse contexto, também são denominados **marcadores** ou **traçadores radioativos**. Esses elementos, inseridos no organismo numa quantidade muito pequena e calculada, são naturalmente eliminados, oferecendo os menores danos possíveis ao indivíduo tratado.

Em exames diagnósticos ou em tratamentos de doenças com aplicação interna, um medicamento contendo o radioisótopo (**radiofármaco**) é administrado ao paciente por ingestão, inalação ou injeção, com uma antecedência calculada para que sua atividade seja a mais eficiente e no menor tempo possível. A partir do momento em que um radioisótopo foi introduzido em um organismo, ele começa a emitir radiação gama e essa emissão pode ser rastreada por detectores específicos. Essa técnica é chamada de **cintilografia**.

BSIP/Easypix Brasil

Pessoa sendo examinada em um aparelho de cintilografia.

Ao contrário das técnicas de tomografia e de ressonância magnética, nas quais o aparelho é que emite as radiações, na cintilografia é o organismo que está emitindo radiação, por causa da absorção de um radioisótopo, e o aparelho apenas detecta a atividade da radiação.

Em exames diagnósticos, os radioisótopos são empregados de forma que não liberem altas taxas de radiação, mas no tratamento de doenças as dosagens são maiores. A absorção de radiação pode destruir uma célula, o que se torna muito conveniente quando se quer eliminar células nocivas ao organismo, por exemplo, no tratamento de doenças como o câncer.

Os radioisótopos mais utilizados na Medicina nuclear são:

- césio-137 e cobalto-60: empregados em tratamento de cânceres por radioterapia;
- cromo-51: empregado em determinação de volume das hemácias e em exames de imagem do baço;
- iodo-131: empregado em exames da glândula tireoide e em tratamentos de câncer nesse órgão;
- samário-153: empregado para a amenização de dores em pacientes com câncer nos ossos;
- sódio-24: empregado em tratamento de lesões vasculares e em determinação de volume sanguíneo;
- tálio-201: empregado na verificação de obstrução das vias coronarianas;
- tecnécio-99: empregado em exames de cintilografia de coração, cérebro, pulmões, baço, fígado e ossos.

Orientações didáticas

Sugerimos que você peça aos estudantes que pesquisem como agem os marcadores ou traçadores radioativos. Eles podem tentar explicar como ocorre a emissão e a detecção das emissões gama no interior do corpo das pessoas que ingeriram esse medicamento, por exemplo, para a realização de exames de cintilografia. Peça que expliquem as diferenças entre esse tipo de exame e os exames de tomografia e ressonância. Nessa pesquisa, é importante que os estudantes pesquisem quais são os principais radioisótopos utilizados na Medicina nuclear, onde são encontrados, seus benefícios e riscos para saúde. Solicite que esclareçam desde a obtenção desse medicamento até a forma de ação para produzir o contraste, depois de serem absorvidos pelo corpo.

Reprodução do Livro do Estudante em tamanho reduzido.

#Para ler

Instalações radioativas – Instalação para produção de radioisótopos

No Brasil, como vem ocorrendo em todo o mundo, o número de centros de medicina nuclear está aumentando. Até 2006, a produção e a venda de radioisótopos de meia-vida curta (inferiores a 2 horas) eram monopólio estatal. No entanto, dada a necessidade de melhorar a logística de distribuição, no ano de 2006 uma Emenda Constitucional revogou o monopólio estatal [...]. Isso permitiu que os cíclotrons privados entrassem em operação para a produção de vários radioisótopos emissores de pósitrons, como o 18F. Com exceção dos radioisótopos com meias-vidas inferiores a 2 horas, a maior parte dos radioisótopos utilizados em medicina nuclear no país é importada e distribuída pelo IPEN/CNEN (99Mo, 131I, 67Ga, 201Tl). O portfólio de produtos da CNEN conta atualmente com 38 (trinta e oito) radiofármacos. [...] Atualmente, no país temos 14 centros produtores de radioisótopos com cíclotrons e 4 instalações licenciadas com radiofarmácias centralizadas. [...]

COMISSÃO NACIONAL DE ENERGIA NUCLEAR. *Instalações radiativas:* áreas e práticas. CGMI/DRS/CNEN, 2020. Disponível em: http://antigo.cnen.gov.br/images/cnen/documentos/drs/cgmi/Instalacoes-Radiativas-v4.pdf. Acesso em: 8 maio 2022.

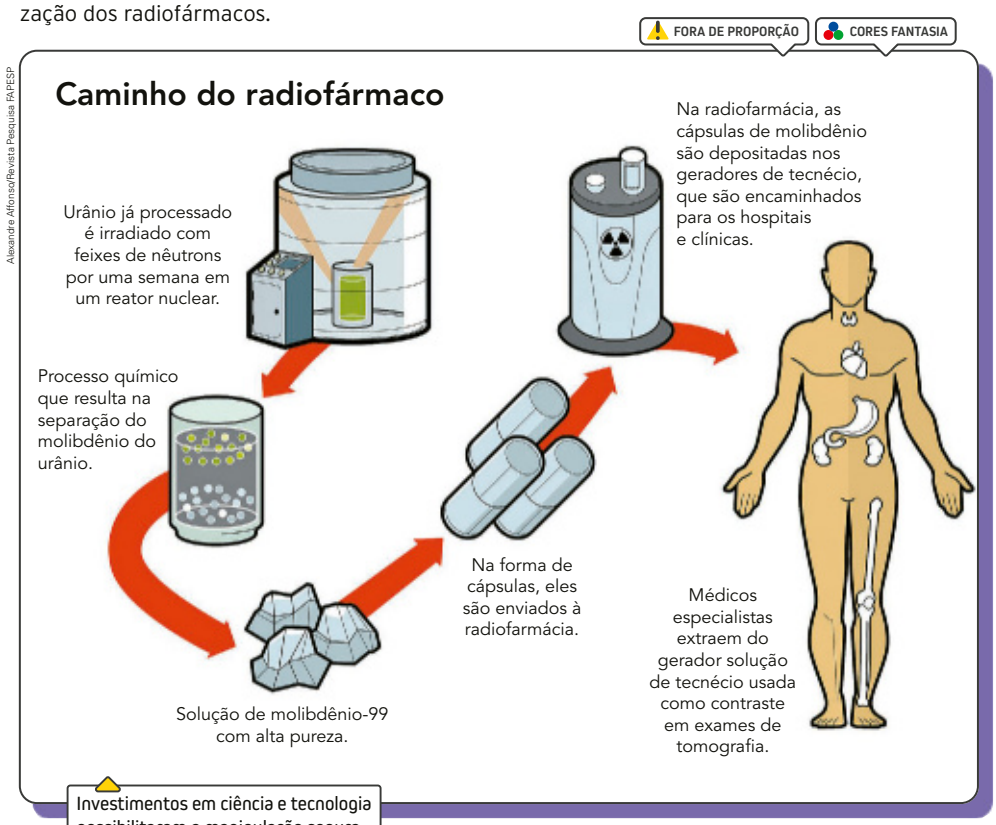
Orientações didáticas

Sugerimos que, inicialmente, chame a atenção dos estudantes para o esquema apresentado nesta página e retome alguns conteúdos caso eles não compreendam algum conceito.

Depois, você pode pedir que escrevam um texto argumentativo sobre a importância da ampliação de investimentos em tecnologia e estudos relacionados à Medicina nuclear e aos radiofármacos, que buscam proporcionar diagnósticos mais precisos de determinadas doenças, bem como em outras aplicações, como em combustíveis nucleares e em diferentes ramos industriais.

Em seguida, sugerimos que você explique o que é o tempo de meia-vida que ocorre com determinadas substâncias e ressalte a importância da compreensão desse conceito pelos médicos, para que utilizem a dosagem correta desses fármacos durante a realização dos exames radiológicos. Após essas explicações, pergunte aos estudantes qual é o tipo de descarte indicado para esses medicamentos. Nesse sentido, peça-lhes que pesquisem quais são as maneiras mais eficazes para esse descarte. Você pode citar outras situações nas quais é aplicado o conceito de meia-vida – por exemplo, para a datação de fósseis –, bem como a importância desse conhecimento para a compreensão do comportamento das substâncias radioativas.

Acompanhe, no esquema a seguir, um resumo da obtenção e da utilização dos radiofármacos.



Fonte: SILVEIRA, E. Instrumento de radiação. *Pesquisa Fapesp*, ed. 221, jul. 2014. Disponível em: https://revistapesquisa.fapesp.br/instrumento-de-radiacao/. Acesso em: 31 mar. 2022.

Uma informação importantíssima sobre os traçadores radioativos é o **tempo de meia-vida** do nuclídeo. Trata-se do tempo que determinada quantidade do material radioativo leva para diminuir à metade do seu valor inicial. O iodo-131, por exemplo, tem um tempo de meia-vida de oito dias. Esse curto período de desintegração é uma das características desejáveis em um radioisótopo de aplicação médica, pois o corpo precisa eliminá-lo rapidamente quando sua presença já não for mais necessária. Além disso, não podemos nos esquecer de que os procedimentos envolvendo materiais radioativos também geram resíduos que não podem ser descartados na rede comum de esgoto. Alguns deles exigem um período de internamento do paciente para que sejam assegurados a coleta e o descarte seguros das excreções radioativas.

O governo brasileiro tem planos de viabilizar a construção de um reator nuclear que visa ampliar significativamente a fabricação de radiofármacos no país. Leia, no trecho a seguir, alguns pontos importantes desse projeto.

Reprodução do Livro do Estudante em tamanho reduzido.

#Para saber

Radiofarmácia
Nessa cartilha, do Conselho Regional de Farmácia do Estado de São Paulo (CRF-SP), há uma explicação sobre os tipos de radiofármacos utilizados em exames de imagem. Disponível em: http://www.crfsp.org.br/images/cartilhas/radiofarmacia.pdf. Acesso em: 8 maio 2022.

Por que viabilizar um reator multipropósito brasileiro – palestra durante a INAC 2021

[...]

O que justifica viabilizar esse empreendimento da ordem de U$ 500 milhões? Ser o principal empreendimento de base científica e tecnológica da área nuclear do país e permitir dobrar imediatamente o número de procedimentos anuais realizados em medicina nuclear; garantir a estabilidade no fornecimento de radioisótopos; contribuir para ampliação do número de clínicas e hospitais que oferecem serviços de medicina nuclear; e promover economia de mais de U$15 milhões/ano com custos de importação de insumos.

Reprodução/https://www.gov.br/cnen/pt-br/rmb/o-que-e-o-rmb-reator-multiproposito-brasileiro

Maquete das futuras instalações dos laboratórios de pesquisa do RMB.

Hoje, o **Instituto de Pesquisas Energéticas e Nucleares - IPEN/CNEN-SP** produz mais de 30 diferentes tipos de radiofármacos. Cerca de 2 milhões de procedimentos são realizados, por ano, para atender a mais de 400 clínicas atuando em medicina nuclear, sendo 1,5 milhão para a área privada e somente 500 mil para o SUS.

[...] O empreendimento [Reator de Multipropósito Brasileiro] RMB terá, além do reator nuclear de pesquisa, toda uma infraestrutura de laboratórios para realizar as finalidades propostas, localizada em Iperó (SP) em 2 milhões de metros quadrados. Os principais laboratórios associados são: laboratório de processamento e manuseio de radioisótopos; laboratório de feixe de nêutrons; laboratório de análise pós-irradiação; laboratório de radioquímica e análise por ativação, além de instalações suporte para pesquisadores. Na forma concebida, será o catalisador para um grande centro de pesquisa nacional de aplicação de radiações para benefício da sociedade e da manutenção do conhecimento da tecnologia nuclear.

Essa tecnologia está presente em diversas aplicações para a sociedade, com ênfase em aplicações em especialidades médicas como a cardiologia, oncologia, hematologia e a neurologia. Com ela, é possível realizar diagnósticos precisos de doenças e complicações como embolia pulmonar, infecções agudas, infarto do miocárdio, obstruções renais, demências. É uma das melhores e mais eficientes maneiras de detectar o câncer, pois define o tipo e extensão de um tumor no organismo, o que ajuda na decisão sobre qual o tratamento mais adequado para cada caso.

O RMB também será usado para testar combustíveis nucleares para os reatores de potência utilizados no Brasil, e promover pesquisas básicas e tecnológicas em aplicações as mais diversas, como na indústria, na agricultura e no meio ambiente, dentre outras.

Hoje o empreendimento possui as condições técnicas de iniciar a construção, mas não dispõe de recursos financeiros e humanos para sua realização.

ALVAREZ, G. Por que viabilizar um reator multipropósito brasileiro - palestra durante a INAC 2021. *Instituto de Pesquisas Energéticas e Nucleares – IPEN*, 1º dez. 2021. Disponível em: https://www.ipen.br/portal_por/portal/interna.php?secao_id=37&campo=16817. Acesso em: 18 mar. 2022.

Reprodução do Livro do Estudante em tamanho reduzido.

Orientações didáticas

Para o trabalho com o texto apresentado nesta página, sugerimos selecionar alguns estudantes para ler os parágrafos. Ao final da leitura de cada parágrafo, verifique se a turma compreendeu o que foi lido.

Se achar pertinente, em seguida, você pode fazer uma roda de conversa para os estudantes debaterem os pontos positivos e os negativos de viabilizar esse reator nuclear. Você também pode organizar um júri simulado, conforme sugerido no boxe *#Atividade complementar*.

#Atividade complementar

Debate de ideias

Sugerimos que você peça aos estudantes que se reúnam em grupos. Em seguida, solicite que, por meio das pesquisas realizadas ao longo deste capítulo, elaborem um júri simulado, em que alguns grupos a favor da radioatividade devem defender seu ponto de vista apresentando, com base em dados e argumentos científicos, os benefícios do uso da radioatividade em diferentes áreas. Os grupos contra a radioatividade devem apresentar os riscos e os impactos dela, defendendo, assim, o não uso da radioatividade no Brasil. Nesse sentido, devem-se eleger alguns estudantes que, juntamente com o(a) professor(a), representarão o júri, de modo que os grupos a favor e contra o uso da radioatividade possam apresentar seus argumentos para que o júri decida se a radioatividade será ou não usada no Brasil.

Orientações didáticas

Sugerimos que você reforce com os estudantes como o uso controlado da radioatividade pode contribuir com o tempo de conservação dos alimentos. Nesse momento, você pode perguntar se eles já viram esse símbolo (radura) em alguma embalagem de alimento.

Se achar pertinente, peça aos estudantes que pesquisem em quais alimentos a radiação é mais aplicada. As respostas deles podem servir de subsídio para responder à atividade 7 da seção *#Atividades*, ao final deste capítulo.

#Para refletir

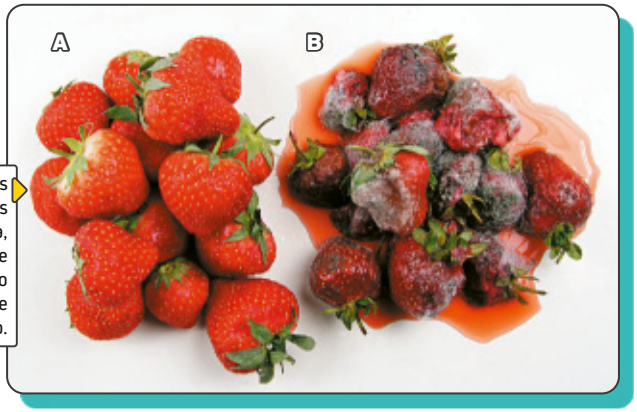
1. Devido às mudanças no sabor e no aroma do alimento, que podem sofrer alguma alteração, bem como ao medo de sofrer algum tipo de alteração metabólica devido ao uso de radiação.

A irradiação em alimentos

Não adianta muito aumentar a eficiência na produção de determinados alimentos se, quando forem comercializados, eles acabarem estragando nas prateleiras, antes de chegar à mesa do consumidor final, concorda? Entretanto, o uso indiscriminado de conservantes alimentícios, que podem até gerar um produto mais durável, por vezes origina produtos com propriedades alteradas e riscos à saúde dos consumidores. Novamente, o uso controlado da radioatividade pode trazer contribuições positivas, agora para a conservação de alimentos.

Uma das primeiras propriedades identificadas da radiação foi sua capacidade de ionizar átomos presentes no meio por onde ela se propaga. Essa propriedade nos permite classificar uma radiação como ionizante (ou de alta energia).

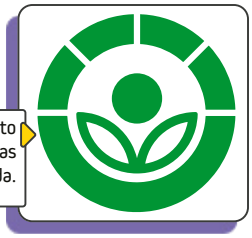
Com uma exposição por tempo controlado a quantidades planejadas de radiação de alta energia, podemos eliminar microrganismos que afetam negativamente os alimentos. A preservação de alimentos com técnicas da Física nuclear é uma prática conhecida desde 1920, mas vários estudos foram conduzidos a partir de então para garantir os mais altos níveis de segurança alimentar para a população.



Cordelia Molloy/SPL/Fotoarena

Aspecto de morangos alguns dias após serem colhidos. Em **A** os morangos foram submetidos à radiação gama, em **B** não. A eliminação de insetos e microrganismos retarda a decomposição dos alimentos, aumentando o período de validade para o consumo humano.

Desde a década de 1960 já havia sido liberado, nos Estados Unidos, o uso de radiação ionizante para a eliminação de insetos que atingem o trigo e a farinha de trigo. Pela legislação vigente, tanto nos Estados Unidos como no Brasil, os alimentos irradiados devem ter em seus rótulos um símbolo chamado de **radura**.



Tata Dovets/Shutterstock

A radura impressa no rótulo de um alimento indica que todo o seu conteúdo ou alguma das especiarias usadas em sua fabricação foi irradiada.

#Para refletir

NÃO ESCREVA NO LIVRO

1 Liste os motivos pelos quais uma grande parcela da população desconfia da segurança de consumir produtos que foram expostos a radiações de origem nuclear. Essa desconfiança tem fundamento científico? **1.** Resposta pessoal. Consulte as Orientações didáticas.

Reprodução do Livro do Estudante em tamanho reduzido.

#ATIVIDADES

NÃO ESCREVA NO LIVRO

Consulte as Orientações didáticas para respostas e comentários das atividades.

1. Explique a importância da identificação da radiação para o desenvolvimento dos modelos atômicos e a compreensão da estrutura da matéria.

2. Os equipamentos de raios X emitem radiação mesmo quando estão desligados? Justifique sua resposta.

2. Os aparelhos de raios X só emitem radiação quando ligados, já que dependem de uma fonte de alta tensão ligada para poderem produzir as ondas ionizantes de raios X.

3. O urânio é um elemento radioativo muito utilizado em usinas nucleares. Mas, de todos os isótopos do urânio, somente um deles tem boa eficiência na produção de energia nuclear. O problema é que a porcentagem de abundância desse isótopo na natureza é muito baixa (0,7%). Para aumentar um pouco essa taxa (até 5%), é possível converter um dos isótopos mais abundantes (fértil) no mais eficiente (fissionável). Isso é chamado de enriquecimento de urânio. O Brasil é referência nesse processo.

3. a) Urânio-238 (mais abundante, 99,3%) e urânio-235 (0,7%).

a) Pesquise quais são os isótopos naturais do urânio citados no enunciado.

b) Pesquise outro isótopo radioativo que, além do urânio, também pode ser usado como combustível nuclear.

3. b) Plutônio-238.

1. Os estudos de alguns tipos de radiação inspiraram Rutherford a realizar experimentos que resultaram em uma nova proposta de modelo atômico: a do átomo nuclear, que substituiu a teoria anterior, de Thomson.

4. O segundo maior acidente nuclear da história ocorreu no Brasil, em 1987, um ano depois da tragédia em Chernobyl. Ao expor o material radioativo de um aparelho de radioterapia descartado, deu-se início a um processo de contaminação que atingiu, ao todo, mais de duzentas pessoas. Pesquise sobre esse acidente e responda:

a) Qual era o radioisótopo presente no equipamento radiológico violado e que tipo de radiação ele emite?

4. a) Césio-137. Emite radiações beta e gama, sendo essa última altamente ionizante.

b) Antes de abrir o aparelho, que tipo de dispositivo de segurança mantinha o material radioativo contido dentro da máquina?

4. b) A fonte de emissão de césio estava em uma cápsula de chumbo selada.

c) Quais foram os prováveis danos observados à saúde das pessoas expostas ao material?

4. c) Várias pessoas expostas desenvolveram algum tipo de câncer.

d) Que tipo de medidas podem prevenir um acidente como esse?

4. d) Resposta pessoal. Consulte as Orientações didáticas.

5. Pessoas que precisam realizar exames em aparelhos de ressonância magnética nuclear recebem um informativo com instruções. Uma delas é que não podem portar objetos metálicos dentro da câmara de escaneamento. De acordo com o princípio do funcionamento dessa técnica, explique o porquê da restrição.

5. Durante o exame, um ímã potente é ligado e poderia atrair, de forma indesejada, objetos metálicos próximos.

6. Os equipamentos de tomografia e de ressonância magnética nuclear são muito parecidos entre si, pelo menos por fora. Explique qual é a diferença entre as duas técnicas, em termos do tipo de radiação emitida.

6. Na tomografia são empregados raios X (ionizantes) e, na ressonância magnética, ondas de rádio.

7. No quadro a seguir estão listados alguns alimentos que são encontrados no comércio tanto na forma irradiada quanto não irradiada. Construa, no caderno, um quadro como o seguinte e pesquise o tempo de prateleira ou a vida útil de cada um dos alimentos.

Alimento	Irradiado	Não irradiado
Banana	☺☺☺☺☺☺☺☺☺☺	☺☺☺☺☺☺☺☺☺☺
Batata	☺☺☺☺☺☺☺☺☺☺	☺☺☺☺☺☺☺☺☺☺
Frango resfriado	☺☺☺☺☺☺☺☺☺☺	☺☺☺☺☺☺☺☺☺☺
Verduras	☺☺☺☺☺☺☺☺☺☺	☺☺☺☺☺☺☺☺☺☺

7. Consulte as Orientações didáticas.

Reprodução do Livro do Estudante em tamanho reduzido.

5 e **6.** As respostas às atividades estão no Livro do Estudante.

7. Sugestões de respostas para o preenchimento do quadro:

Alimento	Irradiado	Não irradiado
Banana	45 dias	15 dias
Batata	6 meses	1 mês
Frango resfriado	30 dias	7 dias
Verduras	18 dias	5 dias

Orientações didáticas

O grupo de atividades presentes nesta página permite ampliar e desenvolver as habilidades EF08CI03 e EF09CI07.

Sugerimos que selecione alguns exercícios para que sejam feitos em sala de aula e outros em casa, com a ajuda da família ou do responsável. Separe alguns minutos de sua próxima aula para realizar a correção dos exercícios e verificar possíveis defasagens de conteúdo. Caso julgue necessário, faça uma revisão dos conteúdos abordados até o momento.

Sugerimos que você oriente os estudantes a consultar todas as anotações que fizeram, por exemplo, durante as pesquisas realizadas ao longo deste capítulo, ou rever os vídeos e textos que leram e acompanharam durante o estudo deste capítulo. Você pode orientá-los durante esse processo para que compreendam como se dá a construção do conhecimento.

#Atividades

1. Os estudos de alguns tipos de radiação inspiraram Rutherford a realizar experimentos que resultaram em uma nova proposta de modelo atômico: a do átomo nuclear, que substituiu a teoria anterior, de Thomson.

2 e **3.** As respostas às atividades estão no Livro do Estudante.

4. a, b, c) As respostas às questões propostas estão no Livro do Estudante. Se for de interesse do(a) professor(a), mediante o envolvimento da turma com o tema, pode-se ampliar esta questão e transformá-la em uma atividade de pesquisa em grupos, abrangendo outros acidentes nucleares, como o de Fukushima, no Japão, ocorrido em 2011, e ainda os episódios das bombas de Hiroshima e Nagasaki, no mesmo país. Sobre o acidente ocorrido no Brasil, há uma questão específica na sequência.

Durante um procedimento em um dos reatores da usina, o sistema de segurança foi momentaneamente desligado. Uma reação em cadeia (autossustentada) ocorreu, causando superaquecimento do reator, que explodiu. Houve escape de radiação de alta energia.

d) Descarte correto desde tipo de equipamento, visos detalhados sobre os riscos de abertura, afixados nas câmaras de contenção do material radioativo, ampla divulgação, de uma forma educativa, sobre os riscos de manipulação de materiais radioativos sem as devidas medidas de segurança.

Orientações didáticas

Neste capítulo, os estudantes aprenderão as características e as diferenças dos estados físicos da matéria, com base no estudo da organização espacial das moléculas que constituem as substâncias. Além disso, compreenderão as influências de fatores como temperatura e pressão nas mudanças dos estados de agregação da matéria. Assim, o capítulo proporciona o trabalho com a habilidade EF09CI01.

Sugerimos, inicialmente, que você peça aos estudantes que analisem a imagem dos pinguins sobre a placa de gelo, na Antártida. Pergunte quais estados físicos da matéria estão presentes na imagem e o que os difere. Observe se eles relacionam os estados sólido, líquido e gasoso à organização das moléculas de água no gelo (estado sólido) e no mar (estado líquido). Verifique também se eles citam a presença de água no estado gasoso na atmosfera.

Enfatize aos estudantes a importância de anotar os conceitos estudados para o desenvolvimento do conhecimento, bem como para recorrer às anotações ao longo do estudo do capítulo.

#Para iniciar

Este boxe tem o objetivo de auxiliá-lo(a) na identificação dos conhecimentos prévios, das habilidades, das atitudes e dos valores dos estudantes. Por isso, sugerimos que eles realizem o registro de suas respostas iniciais no caderno, a fim de que possam ser retomadas e revistas no final do capítulo. Isso contribuirá para que se conscientizem do desenvolvimento de suas aprendizagens e da construção do seu conhecimento.

Sugestões de respostas e comentários às questões propostas:

- Verifique se os estudantes compreendem que a organização espacial das partículas que compõem a água relaciona-se com os diferentes estados físicos. Verifique se eles citam, por exemplo, a proximidade das moléculas nos diferentes estados de agregação.
- Pode ser que os estudantes tenham ouvido falar do estado de plasma, mas provavelmente nunca tiveram contato com o condensado de Bose-Einstein, que é o quinto estado da matéria.
- Verifique se os estudantes relacionam a flutuabilidade à menor densidade da água no estado sólido, quando comparada com a água no estado líquido.

CAPÍTULO 7

Mudanças de estado da matéria

Objetivos do capítulo

- Associar o grau de agregação das partículas a cada estado de agregação da matéria.
- Reconhecer os principais fatores responsáveis pelas mudanças de estado de agregação da matéria.

Na BNCC

Habilidade: EF09CI01.

takmat7 1/Shutterstock

Seja no estado sólido, seja no líquido ou no gasoso, a água está presente em todos os ecossistemas. Na fotografia, pinguins-de-adélia (*Pygoscelis adeliae*, cerca de 70 cm de comprimento), na Antártida, 2020.

A água é uma das substâncias mais importantes para o desenvolvimento da vida no planeta Terra. Em vários momentos das nossas discussões até aqui, esse recurso natural foi o centro das atenções, com debates sobre o impacto causado pelo despejo indevido de poluentes sólidos e líquidos na água, sua participação na manutenção da vida, sua distribuição no planeta, seu ciclo de transformações físicas, entre outros.

Neste capítulo, vamos discutir a maneira com que as unidades formadoras de uma substância, como moléculas ou íons, se organizam no espaço e as implicações dessa organização para as propriedades dos materiais. Mais uma vez, a água será uma personagem importante para resgatar e aprofundar alguns conceitos relacionados a esse assunto.

NÃO ESCREVA NO LIVRO

#Para iniciar

- Na sua opinião, qual é a relação entre a organização espacial das partículas que compõem a água e o estado (sólido, líquido ou gasoso) em que ela está disponível na natureza?
- Além de sólido, líquido e gasoso, você conhece algum outro estado no qual a matéria pode ser encontrada?
- Você saberia explicar por que o gelo flutua na água líquida, diferentemente da grande maioria das substâncias sólidas, que afundam em amostras do próprio material em estado líquido?

Respostas pessoais para mobilização dos conhecimentos prévios dos estudantes. Consulte as Orientações didáticas.

Reprodução do Livro do Estudante em tamanho reduzido.

#Para ler

Por que o gelo flutua na água?

[...] A água, ao congelar, expande seu volume em cerca de 10% (razão pela qual, em regiões muito frias, pode até arrebentar encanamentos, ocasionando grandes transtornos).

Isso ocorre devido ao formato angular das moléculas, que não permite que se agrupem muito próximas umas das outras. Assim, quando o líquido solidifica, essas moléculas ocupam um espaço maior, formando uma estrutura vazada, leve como ar. Esse aumento de volume faz com que o gelo tenha uma densidade menor que a água em estado líquido.

Essa é uma propriedade incomum, porque a maioria das substâncias puras é mais densa no estado sólido do que no líquido. Além da água, apenas a prata, o bismuto, o antimônio e o ferro-gusa ficam com um volume maior em seu estado sólido.

É por isso que o gelo acaba flutuando, em vez de afundar.

VALIM, P. Por que o gelo flutua na água? *Ciência em ação*, 20 fev. 2019. Disponível em: https://cienciaemacao.com.br/por-que-o-gelo-flutua-na-agua/. Acesso em: 21 maio 2022.

Estados de agregação da matéria

Na abertura deste capítulo, você pôde observar uma imagem de uma paisagem que contém água em três estados: **sólido**, nas geleiras; **líquido**, no mar e na atmosfera, como nas nuvens; e **gasoso**, na atmosfera. Além disso, no texto de abertura indicamos que vamos estudar como as moléculas ou os íons de uma substância se organizam no espaço. Mas, afinal, qual é a relação dos estados da água com a organização espacial das unidades que a compõem?

As unidades formadoras de uma substância podem apresentar diferentes organizações espaciais, com maior ou menor proximidade e maior ou menor atração entre elas. Essa variação de proximidade e intensidade de atração das unidades formadoras da matéria é chamada de **grau de agregação da matéria**.

A proximidade e a intensidade de atração entre as unidades formadoras de um material dependem, em grande parte, da energia cinética dessas unidades. Se o material absorve energia térmica, as unidades se agitam, aumentando a temperatura do sistema e causando o afastamento ou a diminuição da atração entre elas. Quanto mais afastadas as unidades estão ou quanto menor é a intensidade de atração entre elas, menor é o grau de agregação da substância.

O grau de agregação da matéria, que também depende de sua composição, interfere em propriedades físicas dos materiais, resultando nos chamados **estados de agregação da matéria**, também conhecidos como estados físicos da matéria ou, apenas, estados da matéria.

Quando perguntamos a alguém quais são os estados físicos da matéria, a maioria responde: sólido, líquido e gasoso. Você mesmo pode chegar a essa resposta. Isso acontece, por exemplo, porque no 6º ano, ao investigar a participação da água no desenvolvimento da vida no planeta, esses estados foram abordados, assim como as transições entre um estado e outro.

Porém, além dos três estados de agregação mais comuns, também chamados de estados de agregação fundamentais, existem outros dois estados: o plasma e o condensado de Bose-Einstein. A seguir, vamos estudar cada um deles mais detalhadamente.

Triff/Shutterstock

A água, nos diferentes estados de agregação, teve papel fundamental no desenvolvimento da vida no planeta Terra.

Reprodução do Livro do Estudante em tamanho reduzido.

Orientações didáticas

Sugerimos propor aos estudantes a leitura coletiva do texto da página. Peça a eles que, durante a leitura, indiquem os conceitos e os termos que não compreendem, e faça pausas para esclarecer as dúvidas dos estudantes.

Em seguida, ao falar sobre o grau de agregação, você pode perguntar se eles acham que as unidades formadoras de um material sólido estão mais próximas umas das outras do que em um líquido e por quê. Em seguida, questione como eles acham que essas unidades formadoras estão dispostas espacialmente em cada uma das situações. Nesse momento, deixe que eles se expressem e não faça correções. Também é possível fazer perguntas sobre o estado gasoso.

Depois, sugerimos que você questione se eles conhecem outros estados físicos. Caso respondam que não, você pode solicitar que façam uma pesquisa prévia direcionada sobre o estado de plasma e o do condensado de Bose-Einstein, que serão estudados mais adiante.

#Para ler

Os cinco estados da matéria

Quais os estados físicos da matéria?

Se você respondeu sólido, líquido, gasoso e plasma, é hora de se atualizar. Hoje, já são admitidas cinco diferentes formas em que elementos químicos podem se apresentar ao mundo, e quem entrou mais recentemente nessa lista foi o condensado de Bose-Einstein (ou luz líquida). A existência desse último foi demonstrada em 1995 por uma equipe formada por cientistas norte-americanos e austríacos, além do brasileiro Germano Woehl Jr.: um vapor diluído de aproximadamente 2 000 átomos de Rubídio 87 foi resfriado até atingir temperaturas de 170 Nanokelvin (nK), próximo do zero absoluto (0 K, – 273,15 °C), usando feixes de *laser* para aprisionar os átomos. Nesta temperatura extremamente baixa, o movimento praticamente para. Como quase não há energia cinética sendo transferida de um átomo para outro, os átomos começam a se aglomerar. Não há mais milhares de átomos separados, apenas um "super átomo". Na prática, a descoberta do quinto estado da matéria pode representar uma evolução tecnológica sem precedentes, por exemplo, com a criação de materiais supercondutores com aplicações no dia a dia e até teletransporte e computadores quânticos com capacidade de processamento infinitamente superiores aos atuais.

[...]

COURROL, L. C. Os cinco estados da matéria. *Unifesp*, São Paulo, 12 mar. 2019. Disponível em: https://unifesp.medium.com/cinco-estados-da-materia-4a820b5023e0. Acesso em: 4 maio 2022.

Orientações didáticas

Para iniciar o estudo do estado sólido, se possível, sugerimos levar para a sala de aula alguns cubos de gelo em um copo. Em seguida, peça aos estudantes que anotem todas as características observadas no cubo. Verifique se eles citam, por exemplo, o fato de os cubos de gelo terem um formato definido, ou seja, eles não se adequam à forma do copo. Caso não relatem essa característica, você pode orientá-los para que compreendam isso. Nesse momento, pergunte se eles acham que as moléculas que compõem a água estão mais próximas ou mais afastadas do que no vapor de água, por exemplo.

Em seguida, sugerimos que você inicie a leitura do texto com os estudantes, fazendo pausas e explicando algum conceito que eles tenham dificuldade para compreender. Chame a atenção deles para as imagens apresentadas, enfatizando a força de atração entre as unidades formadoras dos materiais mostrados e a baixa energia cinética no estado sólido.

Nesse momento, você pode orientá-los para que reconheçam a importância do uso de representações para compreender como ocorre o arranjo espacial das moléculas das unidades formadoras dos materiais.

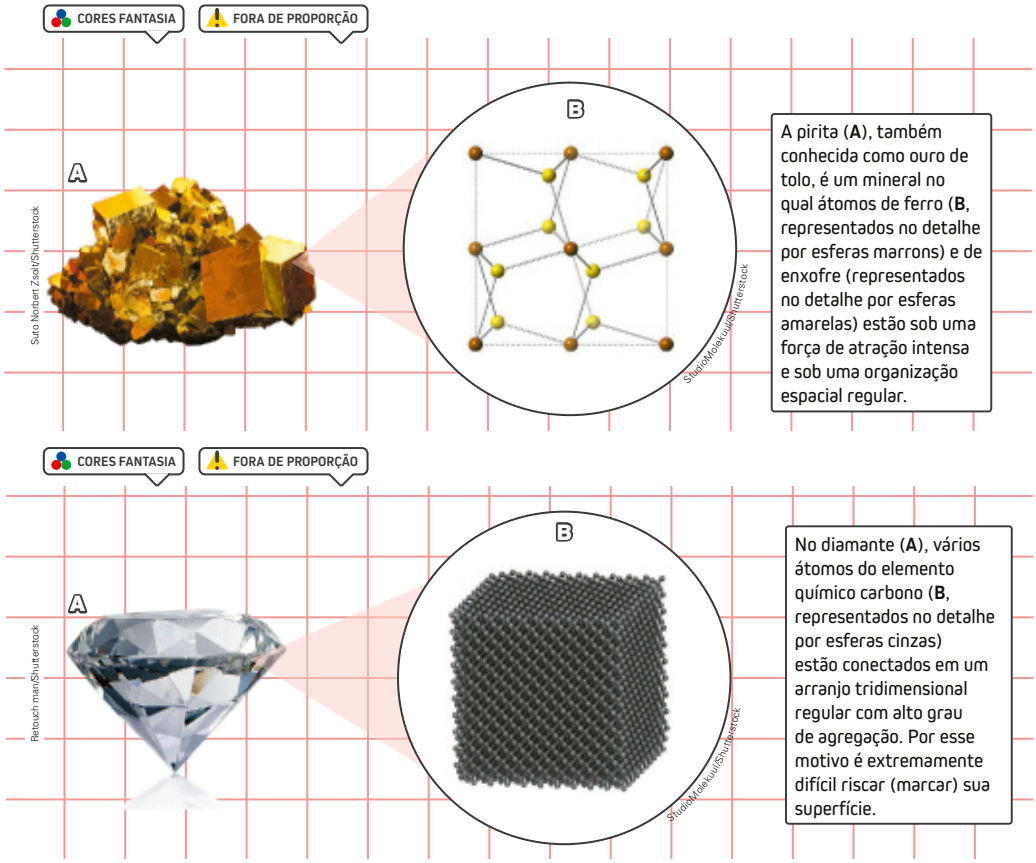
Ao mencionar o exemplo do diamante, você pode, caso considere pertinente, comentar que a grafite dos lápis também é composta apenas de átomos de carbono, mas tem uma aparência bem diferente do diamante. Nesse momento, é provável que os estudantes façam alguns questionamentos; explique que a diferença entre o diamante e a grafite é a maneira como os átomos estão organizados em cada estrutura. Informe que eles aprenderão mais sobre esse assunto no Ensino Médio. Caso perceba que a turma se interessa pelo assunto, sugerimos que indique o vídeo proposto a seguir, no boxe *#Para saber +*.

Estado sólido

No estado sólido, os materiais se apresentam com forma e volume definidos. O grau de agregação nesse estado é alto e a energia cinética das unidades formadoras é baixa. Porém, isso não significa que as unidades presentes num determinado sólido estão completamente imóveis. Um sólido é formado por moléculas ou íons que estão muito próximos ou intensamente atraídos uns pelos outros, a ponto de não terem liberdade de deslocamento ao longo do volume do material, mas que conseguem manter uma espécie de vibração em uma posição de repouso.

O elevado grau de agregação da matéria no estado sólido se deve à força de atração entre átomos ou íons próximos uns dos outros, os quais se distribuem no material de uma forma mais organizada do que nos estados líquido e gasoso.

Podemos alterar a forma de um sólido por meio da aplicação de forças que podem esticar, dobrar, amassar ou mesmo quebrar o material. Entretanto, a facilidade com que essas alterações ocorrem depende do grau de agregação do material e da disposição espacial das unidades.



Reprodução do Livro do Estudante em tamanho reduzido.

#Para saber +

Grafite pode virar diamante? – Professor Albert e a Ciência da Natureza

O vídeo, com cerca de 4 minutos de duração, explica, ludicamente, como transformar grafite em diamante. Disponível em: https://www.youtube.com/watch?v=E20cur79TD4. Acesso em: 31 maio 2022.

#Integrando as Ciências

Densidades dos sólidos e dos líquidos

Você já se perguntou por que o gelo flutua na água e como esse comportamento favorece a vida aquática durante os invernos rigorosos?

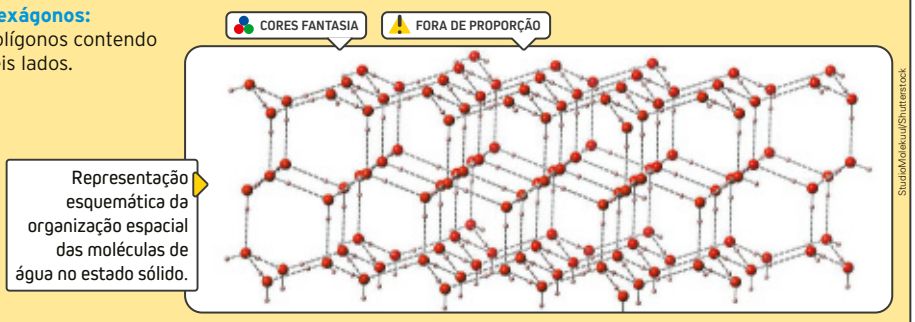
Quando discutimos o porquê de um material flutuar ou afundar quando colocado em um líquido, estamos analisando uma propriedade específica da matéria muito importante, que é a densidade. Sendo a densidade a razão entre a massa e o volume de um material, ao comparar valores de densidade da mesma substância em diferentes estados de agregação, esperamos que o sólido seja mais denso do que o líquido, ou seja, que afunde nele. Porém, um cubo de gelo, ou seja, água no estado sólido, boia quando é adicionado em um copo com água líquida.

Para entender esse fenômeno, que não é exclusivo da água, temos que conhecer como as unidades formadoras das substâncias estão organizadas nos dois estados de agregação. No estado líquido, as unidades tendem a ser encontradas com certa proximidade, mas de maneira pouco organizada.

No caso da água, em torno de 4 °C sua densidade atinge seu valor máximo, **1,000 g/cm³**. Mas, quando a energia cinética das partículas vai diminuindo e o grau de agitação do sistema diminui, sua organização espacial é alterada, de modo que as moléculas se orientam em hexágonos. Esse comportamento resulta em uma estrutura com maior espaço entre as moléculas, o que aumenta o volume da água no estado sólido em relação ao volume no estado líquido. Com isso, sua densidade diminui, fazendo com que o gelo flutue na água líquida.

Representação esquemática da organização espacial das moléculas de água no estado líquido. Cada molécula de água é composta de um átomo de oxigênio (representado pelas esferas vermelhas) e dois átomos de hidrogênio (representados pelas esferas brancas).

▲ **Hexágonos:** polígonos contendo seis lados.



Representação esquemática da organização espacial das moléculas de água no estado sólido.

O gelo é um mau condutor térmico. Por isso, quando a porção superficial dos cursos de água congela e permanece na superfície, há a formação de uma espécie de capa que previne o congelamento das águas mais profundas. Essa proteção mantém o ambiente aquático propício à sobrevivência de animais e plantas.

Reprodução do Livro do Estudante em tamanho reduzido.

Orientações didáticas

#Integrando as Ciências

O texto deste boxe possibilita o trabalho interdisciplinar ao oferecer aos estudantes a oportunidade de estabelecer a conexão entre diferentes componentes curriculares, evitando a rígida compartimentalização do conhecimento.

Inicialmente, sugerimos ler o texto com os estudantes, explicando termos que eles ainda não compreenderam ou retomando os conteúdos necessários para que todos entendam por que o gelo flutua na água.

Em seguida, chame a atenção dos estudantes para os esquemas apresentados e verifique se eles conseguem perceber que, no estado sólido, há mais espaço entre as moléculas, quando comparado ao estado líquido. Verifique se eles conseguem relacionar esse aspecto à densidade.

Esse texto aborda a influência de algumas propriedades, por exemplo a densidade, no comportamento das substâncias nos diferentes estados físicos por meio do exemplo do comportamento da água no estado sólido (gelo) e no estado líquido. Nesse momento, você pode reforçar como o uso de representações é importante para a compreensão das características e do arranjo microscópico das unidades que constituem os materiais.

Caso os estudantes perguntem que outros materiais exibem o mesmo comportamento da água, você pode comentar que alguns metais, como o gálio e o bismuto, apresentam o estado sólido menos denso que o estado líquido.

Orientações didáticas

Sugerimos que você traga para a sala de aula alguns cubos de gelo e uma garrafa com água. Peça aos estudantes que apontem as características e as diferenças observadas nos cubos e na água líquida. Oriente-os a comparar o formato dos cubos de gelo e o da água líquida, por exemplo.

Enfatize que, diferentemente do que ocorre com a água no estado sólido, a água no estado líquido não possui forma definida, e apresenta o volume do recipiente que a contêm. Observe se eles conseguem explicar essa característica com base no aumento da energia cinética das moléculas que compõem a água no estado líquido.

Sugerimos que você utilize o exemplo dos metais no estado líquido para explicar a ação da temperatura na força de atração entre as moléculas do metal fundido.

#Para interpretar

As atividades desse boxe oferecem aos estudantes a oportunidade de desenvolver as habilidades de leitura, uma vez que demandam processos de compreensão e inferência de textos. Após a leitura do texto, peça aos estudantes que respondam às atividades no caderno e, depois, disponibilize um período para discutir a leitura e as respostas.

1. Como a densidade é a massa dividida pelo volume, em uma situação em que a mesma massa ocupa um volume maior, o valor da densidade será menor. A ideia aqui é compreender se o estudante é capaz de tecer a relação entre a variação de volume e a densidade, uma vez que não há variação na massa da substância. Para fazer atividades como essa, é possível propor uma dinâmica de discussão oral coletiva e elaboração da resposta escrita em grupos ou mesmo individualmente.

2. Não, pois se fosse considerada apenas a proximidade para definir o estado sólido, a água fugiria dessa regra, uma vez que suas moléculas estão bem afastadas no estado sólido. Enfatize que o grau de agregação está relacionado à força de atração entre as partículas que constituem determinada substância e à energia cinética dessas partículas.

#Para interpretar

NÃO ESCREVA NO LIVRO

1 Por que, ao expandir de volume, o gelo se torna menos denso do que a água líquida? Use a definição de densidade para fundamentar sua explicação.

2 Considerando que a água, assim como outras substâncias, apresenta moléculas consideravelmente afastadas no estado sólido, é correto definir o grau de agregação desse estado apenas com base na proximidade das moléculas? Justifique.

1. e **2.** Consulte as Orientações didáticas.

Estado líquido

O aumento de energia térmica de um sólido provoca o aumento na energia cinética das suas unidades constituintes. Essa variação de energia cinética causa a diminuição da intensidade de atração e o afastamento das unidades, de modo que elas passam a ter mais liberdade de se deslocar ao longo do volume do material.

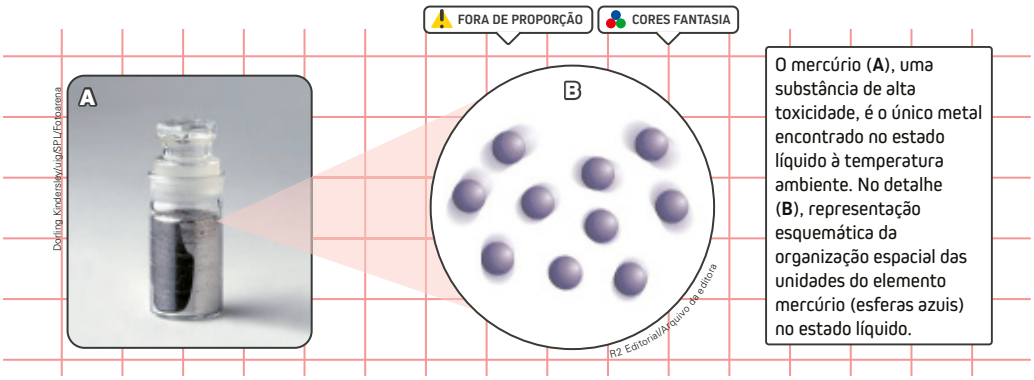
O estado líquido é aquele em que as unidades têm uma intensidade de atração intermediária e são livres para se movimentar. Por isso, dizemos que se trata de um estágio com energia cinética intermediária entre os estados sólido e gasoso.

Shestakov Dmytro/Shutterstock

Na indústria metalúrgica, os metais sólidos são submetidos a altas temperaturas e transformados em líquido para que os objetos sejam moldados de acordo com a necessidade da produção.

Reprodução do Livro do Estudante em tamanho reduzido.

Os materiais líquidos assumem a forma do recipiente em que estão armazenados, ou seja, têm forma indefinida, mas volume definido.



#Para refletir

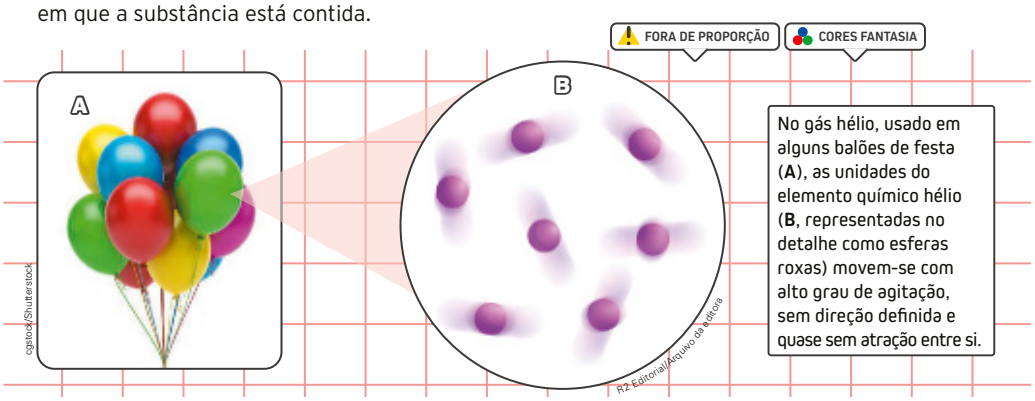
1. Resposta pessoal. Consulte as Orientações didáticas.

NÃO ESCREVA NO LIVRO

1 Dizer que uma substância é um gás ou vapor significa a mesma coisa? Se há diferenças, quais são?

Estado gasoso

No estado gasoso, as unidades formadoras de uma substância têm plena liberdade de movimento. Ou seja, esse é um estado de alta energia cinética e, consequentemente, baixo grau de agregação. Neste caso, a forma e o volume dos gases são indefinidos e dependem do recipiente em que a substância está contida.



O termo **gás** é usado para uma substância que, a temperatura e pressão ambientes, se encontra no estado gasoso. O gás oxigênio presente no ar que inspiramos e o gás carbônico que expiramos são exemplos de gases, pois estão no estado gasoso a uma temperatura de 25 °C (298,15 K) e pressão de 1 atm.

Reprodução do Livro do Estudante em tamanho reduzido.

Orientações didáticas

Inicialmente, peça aos estudantes que analisem as imagens **A** e **B**, que mostram o metal mercúrio no estado líquido e a representação esquemática da organização espacial das unidades desse elemento, respectivamente. Depois, solicite a eles que expliquem as diferenças entre a interação das moléculas no estado sólido e no líquido. Ratifique a importância do uso de representações para compreender o comportamento e o arranjo espacial dos átomos do metal mercúrio.

Ao abordar o tópico *Estado gasoso*, sugerimos que você oriente os estudantes de modo que compreendam que as substâncias, quando no estado gasoso, não possuem forma e volume definidos. Observe se eles conseguem explicar essas características e se mencionam a elevada energia cinética das moléculas que compõem os gases.

Depois, sugerimos que você utilize as imagens **A** e **B** para explicar a força de atração entre os átomos do gás hélio.

#Para refletir

1. O estado gasoso é um dos estados de agregação da matéria, assim como o sólido e o líquido. Uma das principais diferenças entre o gás e o vapor está relacionada à temperatura e à pressão exercida sobre uma substância. Quando a água está no estado de vapor, ela pode facilmente voltar ao estado líquido.

Orientações didáticas

Neste momento, utilizando como exemplo a água, discutiremos as características do vapor. Sugerimos que você pergunte aos estudantes se é possível observar o vapor de água. Ao observar a imagem do vapor de água saindo da panela, é provável que eles respondam que sim, é possível ver o vapor de água. Caso isso ocorra, sugerimos que você reforce que não é possível observar a água no estado gasoso e no vapor, mas sim a nuvem (ou fumaça branca), que está relacionada à condensação das minúsculas gotículas de água. Você também pode perguntar aos estudantes em que situações eles já "viram" o vapor de água.

Na sequência, sugerimos que você pergunte se eles já ouviram falar do plasma e, caso a resposta seja positiva, em que situação. Peça a eles que comentem as características desse estado físico. Você pode sugerir a eles que utilizem representações para construir a explicação.

E o termo **vapor**? Mais uma vez, vamos utilizar a água como exemplo. Nas condições de temperatura e pressão ambientes, a água se encontra no estado líquido. Mas você também já estudou em anos anteriores que, nessas mesmas condições, há água no ar atmosférico. Então, como isso ocorre?

A água presente no ar é chamada vapor de água, pois, nessas condições, ela se encontra no estado gasoso e no estado líquido. Isso ocorre porque o vapor de água é gerado pelo aumento da temperatura da água líquida em pressão ambiente.

kazoka/Shutterstock

Deve-se ter muito cuidado ao abrir recipientes contendo água quente, pois a expansão do vapor de água aquecido, que não é visível e sai da panela antes da "fumaça branca" formada por água líquida, pode atingir a pele e causar queimaduras.

O vapor de água, assim como a água no estado gasoso, não é visível. As nuvens e a "fumaça branca" que observamos saindo de uma panela durante o cozimento de algum alimento, da água que cai do chuveiro ou mesmo da nossa expiração em um dia muito frio são formadas por gotículas minúsculas de água líquida, condensada a partir do vapor de água que foi resfriado ao entrar em contato com a atmosfera.

Plasma

Descoberto em 1830 por Michael Faraday durante estudos com descargas elétricas na atmosfera, o **plasma** só foi considerado **quarto estado da matéria** quase cinquenta anos depois, por William Crookes.

Utilizando um tubo de vidro, preenchido por gás em baixa pressão, Crookes conseguiu reproduzir o fenômeno diversas vezes para diferentes substâncias. Como resultado das descargas elétricas nos gases, ele observou o surgimento de partículas com cargas positivas e partículas com cargas negativas, por causa da ionização, misturadas a partículas neutras.

O plasma é um estado com baixíssimo grau de agregação, com altíssima energia cinética e baixíssima intensidade de atração, o que possibilita a formação dos íons. Ele ocorre nas auroras polares, pelo impacto de partículas vindas do espaço com a atmosfera, direcionadas pelo campo magnético terrestre. A aurora boreal pode ser vista do polo norte, e a aurora austral, do polo sul.

Ben Pipe Photography/Image Source/AFP

Aurora boreal, vista do norte da Islândia, 2021.

Reprodução do Livro do Estudante em tamanho reduzido.

#Para ler

Como surge a aurora boreal?

A aurora boreal é um fenômeno muito bonito que ocorre geralmente no polo norte do nosso planeta (também chamada de aurora austral quando formada no polo sul) e que só pode ser vista de algumas partes dele. E como ocorre esse fenômeno? De onde vêm essas luzes brilhantes que encantam a todos que as veem? E por que a aurora boreal não acontece o tempo todo?

O sol, além de emitir luz para o planeta Terra, também envia o plasma solar, que é nada mais nada menos que energia, e é composto por prótons, elétrons e neutrinos. É transportado através dos ventos solares, porém, os ventos que formam esse fenômeno são mais fortes, geralmente provenientes de explosões ou das movimentações da coroa solar resultantes da rotação do sol.

No planeta Terra existe a magnetosfera, que é o campo magnético ao redor do nosso planeta que o protege contra a força dos ventos solares, então quando os ventos chegam a essa camada de proteção, o seu campo magnético se choca com o da Terra formando uma espécie de funil magnético, levando o plasma para os polos [...].

Quando os elétrons do plasma entram em contato com a atmosfera, interagem com os átomos existentes no ar, como por exemplo o nitrogênio e oxigênio, liberando energia com comprimentos de onda na região do visível e é daí que se formam as cores lindas observadas no céu. Pode ser observada no final da tarde e à noite durantes os primeiros meses do ano. E uma curiosidade sobre seu nome, ele foi dado por Galileu Galilei em homenagem a Aurora, a deusa romana do amanhecer.

ARAGÃO, A. C. C. *Pet Química*, 5 out. 2018. Disponível em: http://www.petquimica.ufc.br/como-surge-a-aurora-boreal/. Acesso em: 6 jun. 2022.

#Para saber

Plasma físico, o 4º estado físico da matéria

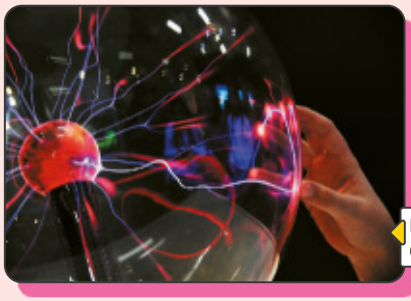
O vídeo, com cerca de 3 minutos de duração, explica as características do plasma e os fenômenos relacionados a esse estado físico.

Disponível em: https://www.youtube.com/watch?v=IHH6Nb2X9kU. Acesso em: 16 maio 2022.

Aplicações tecnológicas do plasma

Você já teve a oportunidade de, em alguma feira de ciências ou museu interativo, observar um globo de vidro que emite vários raios coloridos em seu interior? Os feixes coloridos são matéria no estado de plasma! Observe a imagem a seguir.

O domínio da geração de plasma permitiu a obtenção de novos materiais na área da nanotecnologia, otimização de processos de tratamento de resíduos industriais e recuperação de embalagens. Além disso, o melhoramento de propriedades de alguns materiais para aplicações na indústria aeroespacial também utiliza o plasma. A indústria petrolífera já utiliza esse recurso na perfuração de poços em rochas, em substituição às brocas mecânicas. Esses são apenas alguns exemplos do que já é realidade – e ainda há pesquisas em andamento, em áreas diversas, que buscam explorar os benefícios do quarto estado da matéria.



ToskanaNC/Shutterstock

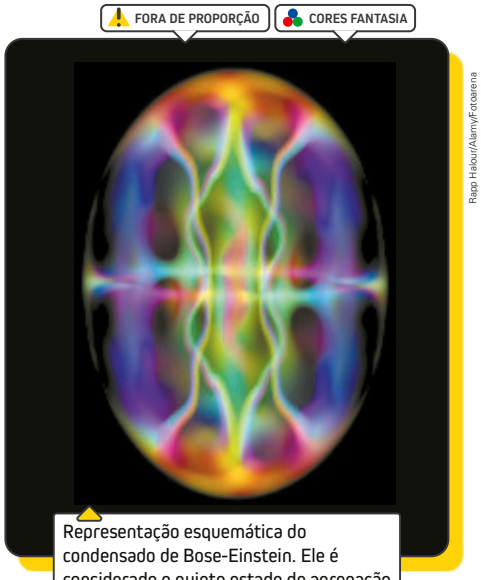
Esfera que gera plasma em seu interior.

Nanotecnologia: área tecnológica que envolve partículas do tamanho de 1 bilionésimo do metro (0,000000001 m).

Condensado de Bose-Einstein

O **condensado de Bose-Einstein** (**BEC**) é o quinto estado de agregação – e é o estado descoberto mais recentemente. Sua denominação se deve ao fato de que, mesmo tendo sido criado em laboratório apenas em 1995, sua existência já tinha sido prevista no início do século XX pelo físico indiano Satyendra Nath Bose (1894-1974) e por Albert Einstein.

Ao contrário dos quatro estados estudados anteriormente, o **quinto estado de agregação** não ocorre na natureza. Enquanto o plasma é constituído de partículas altamente energizadas, com baixíssimo grau de agregação, o BEC é um estado caracterizado pela presença de partículas com energia muito baixa. Obtido a temperaturas que beiram o **zero absoluto** (273,15 K) e estabilizado por campos magnéticos, as unidades formadoras das substâncias nesse estado atingem um grau de agregação tão alto que passam a se comportar como uma única espécie química e a apresentar comportamentos bem diferentes do material original nos estados sólido, líquido ou gasoso.



Rapp Hälbur/Alamy/Fotoarena

Representação esquemática do condensado de Bose-Einstein. Ele é considerado o quinto estado de agregação da matéria, obtido a baixas temperaturas, próximas ao zero absoluto (273,15 K).

Reprodução do Livro do Estudante em tamanho reduzido.

#Para saber

Tese de doutorado vencedora do prêmio Unesp de Teses 2020

O vídeo, com cerca de 3 minutos de duração, explica a aplicação do plasma em tratamentos médicos.
Disponível em: https://www.youtube.com/watch?v=Zdq0Xh2Eybk&t=1s. Acesso em: 23 maio 2022.

Orientações didáticas

Para iniciar a abordagem deste conteúdo, sugerimos que você solicite aos estudantes que pesquisem, em fontes confiáveis, as aplicações do plasma. Peça a eles que façam registros no caderno. Selecione alguns estudantes para apresentar os resultados de suas pesquisas para a turma. Depois, sugerimos que você leia o texto com os estudantes e comente as aplicações do plasma, por exemplo, nas áreas de nanotecnologia e aeroespacial, bem como para desenvolver diferentes tratamentos de esterilização em estudos médicos. Você pode usar o vídeo indicado a seguir, no boxe *#Para saber* +, para aprofundar sua explicação.

É possível que os estudantes não conheçam o condensado de Bose-Einstein, o quinto estado de agregação da matéria. É importante fazê-los compreender que, apesar de a existência desse estado físico ter sido comprovada recentemente, ela foi prevista por estudos realizados por Bose e Einstein há mais de um século. Sugerimos reforçar que, diferentemente dos demais estados físicos da matéria, o condensado de Bose-Einstein é um estado de agregação que não é encontrado na natureza. Informe que experimentos realizados a temperaturas próximas do zero absoluto subsidiaram a caracterização desse estado físico. Em temperaturas baixas, praticamente não há agitação das partículas dos átomos. Por isso, não há transferência de energia cinética de um átomo para outro, e as partículas se comportam como se fossem uma única partícula.

Em seguida, peça aos estudantes que façam um resumo das características dos diferentes estados físicos da matéria. Você pode solicitar que eles usem ilustrações, modelos e esquemas para explicar as relações entre a energia de atração das partículas e o estado de agregação de uma substância. Incentive-os a registrar seus resumos da maneira que preferirem: fisicamente ou digitalmente, por meio de cartazes, etc.

Orientações didáticas

#A ciência é feita por pessoas

Neste boxe, apresentaremos a importância dos estudos realizados por Eric Cornell e Carl Wieman, que comprovaram as teorias de Bose e Einstein relacionadas à existência do quinto estado de agregação da matéria.

Sugerimos que, na sequência, você utilize a escala do grau energético das unidades formadoras das substâncias para resumir as características dos estados sólido, líquido, gasoso, plasma e condensado quântico. Aproveite esse momento para verificar se os estudantes compreenderam corretamente todos os estados de agregação, e retome os conteúdos que considerar pertinentes.

Enfatize que o desenvolvimento científico e tecnológico possibilitou a realização das pesquisas científicas que comprovaram a existência do condensado de Bose-Einstein, bem como a importância desses estudos para a compreensão de fenômenos que ocorrem no Universo, por exemplo a simulação do comportamento dos buracos negros.

#A ciência é feita por pessoas

Condensados de Bose-Einstein (BEC)

Em 1995, [...] cientistas criaram um novo estado da matéria, o condensado de Bose-Einstein (BEC). Usando uma combinação de *lasers* e ímãs, Eric Cornell e Carl Wieman resfriaram uma amostra de rubídio a temperaturas muito próximas do zero absoluto. Nesta temperatura extremamente baixa, o movimento molecular praticamente para. Como quase não há energia cinética sendo transferida de um átomo para outro, os átomos começam a se aglomerar. Não há mais milhares de átomos separados, apenas um "superátomo".

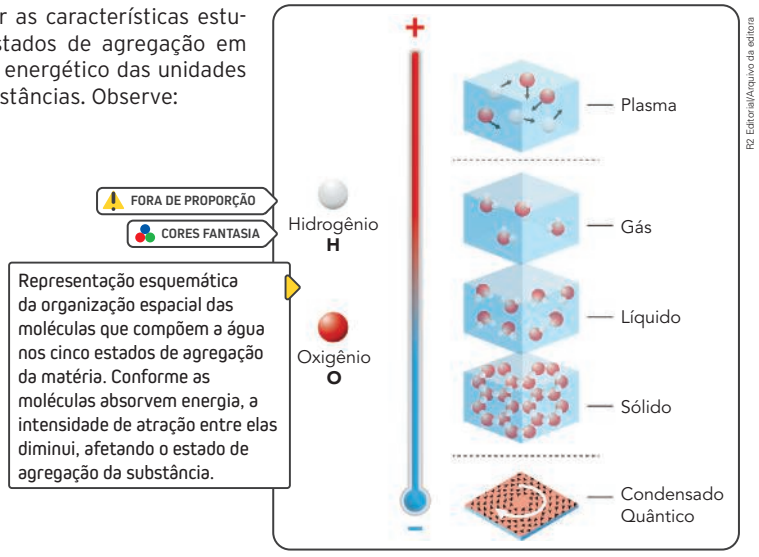
Um BEC é usado para estudar a mecânica quântica em um nível macroscópico. A luz parece diminuir à medida que passa por um BEC, permitindo o estudo do paradoxo de partículas/ondas. Um BEC também tem muitas das propriedades de um superfluido – fluindo sem fricção. Os BECs são usados para simular condições que podem se aplicar em buracos negros, e são conhecidos também como "luz líquida". De acordo com o cientista Michio Kaku, no futuro, o BEC poderia estabelecer as bases para teletransportar objetos.

University of Colorado at Boulder/Reuters/Fotoarena

Eric Cornell (1961-) e Carl Wieman (1951-) receberam o prêmio Nobel de Física em 2001 pela demonstração do condensado de Bose-Einstein.

COURROL, L. C. C. *Os cinco estados da matéria*: quais os estados físicos da matéria? *Unifesp*, São Paulo, 12 mar. 2019. Disponível em: https://unifesp.medium.com/cinco-estados-da-materia-4a820b5023e0. Acesso em: 21 jan. 2022.

Podemos resumir as características estudadas dos cinco estados de agregação em uma escala de grau energético das unidades formadoras das substâncias. Observe:



R2 Editorial/Arquivo da editora

Representação esquemática da organização espacial das moléculas que compõem a água nos cinco estados de agregação da matéria. Conforme as moléculas absorvem energia, a intensidade de atração entre elas diminui, afetando o estado de agregação da substância.

Reprodução do Livro do Estudante em tamanho reduzido.

#Para saber

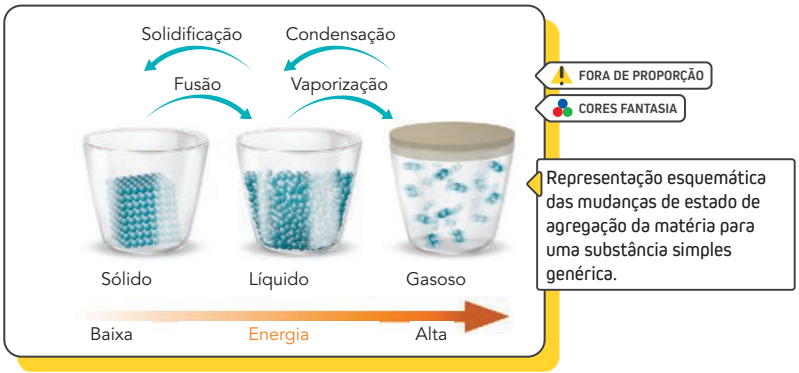
Condensado Bose-Einstein

O vídeo, com cerca de 6 minutos de duração, apresenta uma breve explicação sobre o Bose-Einstein, considerado o quinto estado de agregação da matéria.

Disponível em: https://www.youtube.com/watch?v=pRAdXpqzaaw. Acesso em: 19 maio 2022.

Mudanças de estados de agregação

Quando submetemos os materiais a variações de temperatura ou pressão, conseguimos alterar o grau de agregação das unidades que o constituem e, se a alteração for suficiente, causar uma mudança de estado de agregação. Você já estudou esses tipos de mudanças no 6º ano. Agora, vamos retomar os termos que usamos para cada variação.



R2 Editorial/Arquivo da editora

FORA DE PROPORÇÃO

CORES FANTASIA

Representação esquemática das mudanças de estado de agregação da matéria para uma substância simples genérica.

Caso a substância mude direto do estado sólido para o gasoso ao receber energia, dizemos que houve uma sublimação. Se ocorrer o contrário, mudando do estado gasoso para o sólido, dizemos que houve uma ressublimação.

Tipos de vaporização

Uma dúvida que geralmente surge ao estudar a vaporização é: Quando podemos usar os termos **evaporação**, **ebulição** e **calefação**? Isso ocorre porque a vaporização é o nome geral de variação do estado líquido para o estado gasoso, mas podemos usar diferentes nomenclaturas, dependendo da rapidez que uma substância muda do estado líquido para o estado gasoso. Acompanhe a seguir as diferenças.

Chico Ferreira/Pulsar Imagens

O sal extraído da água do mar, nas salinas, é obtido a partir da evaporação da água, em tanques a céu aberto. Fotografia de salinas localizadas em laguna na cidade de Araruama (RJ), 2018.

Evaporação é a vaporização mais lenta, que ocorre quando as unidades que estão na superfície da fase líquida se desprendem e passam para o estado gasoso.
A evaporação acontece de uma forma tão sutil que nem percebemos, pois não há formação de bolhas ou qualquer perturbação visível no sistema.

Reprodução do Livro do Estudante em tamanho reduzido.

Orientações didáticas

Inicialmente, você pode perguntar aos estudantes o que é necessário para determinada substância mudar de um estado físico para outro. Nesse momento, deixe que eles se expressem e não faça correções. Verifique se eles citam os termos energia e temperatura, por exemplo. Você pode sugerir que usem o exemplo da água para elaborar suas explicações.

Caso os estudantes citem o aumento da temperatura, você pode questioná-los sobre o que ocorre no processo reverso, quando há diminuição da temperatura, e o que ocorre com as partículas que constituem a água nos diferentes estados de agregação. Sugerimos que você use esses exemplos para caracterizar cada mudança de estado de agregação e explique o comportamento das partículas da água em cada mudança. Para expandir as discussões, peça aos estudantes que pesquisem uma substância que sofra a sublimação, e a ressublimação, que é a passagem do estado sólido para o líquido e vice-versa, e apresente em uma roda de conversa as características da substância pesquisada.

Em seguida, apresente a evaporação, a ebulição e a calefação, e solicite aos estudantes que expliquem as características desses três tipos de vaporização. Chame a atenção dos estudantes para a imagem dos tanques de sal, ao final da página, e peça-lhes que relatem o tipo de vaporização que está ocorrendo ali. Depois, se achar pertinente, pergunte aos estudantes se eles conhecem outros tipos de vaporização.

Orientações didáticas

Para finalizar o estudo dos tipos de vaporização, verifique se os estudantes compreenderam a diferença de velocidade entre eles. Caso perceba alguma defasagem de aprendizado, sugerimos retomar alguns conteúdos para remediar as aprendizagens. Você pode pedir a eles que resgatem anotações, pesquisas e desenhos de modelos que eles tenham feito ao longo das aulas.

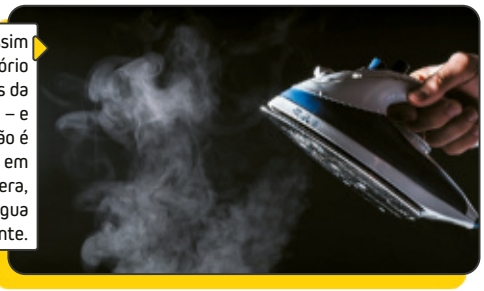
Em seguida, comente que o aumento ou a diminuição da temperatura e da pressão de um sistema influenciam a agitação das moléculas que constituem determinada substância e que esses fatores estão relacionados às mudanças de estado físico.

Se você achar pertinente, pode comentar com os estudantes que a temperatura e a pressão das mudanças de fase de uma substância podem ser representadas em um gráfico chamado "diagrama de fases". Neste momento, não é necessário detalhar o diagrama, mas comente com os estudantes que, em localidade onde a pressão é menor – por exemplo, um lugar muito acima do nível do mar – a água entrará em ebulição mais rapidamente.

Africa Studio/Shutterstock

Ao entrar em ebulição, o líquido começa a borbulhar.

Ebulição é a vaporização de velocidade intermediária e que ocorre acompanhada da formação de bolhas. A temperatura em que a fervura ocorre é a **temperatura de ebulição** do líquido, que é uma propriedade específica dele.



Happy Rich Studio/Shutterstock

No ferro a vapor, assim que a água do reservatório atinge os orifícios quentes da chapa, ocorre a calefação – e um jato de vapor, que não é visível, escapa. Ao entrar em contato com a atmosfera, o vapor é resfriado e a água condensa rapidamente.

Calefação é a vaporização mais rápida e ocorre quando um líquido atinge uma superfície superaquecida e se transforma instantaneamente em vapor.

A influência da temperatura nas mudanças de estado

O aumento da temperatura de um sistema implica aumento no grau de agitação das unidades presentes. Isso causa a diminuição da intensidade de atração e o aumento do afastamento entre elas, ou seja, uma desagregação.

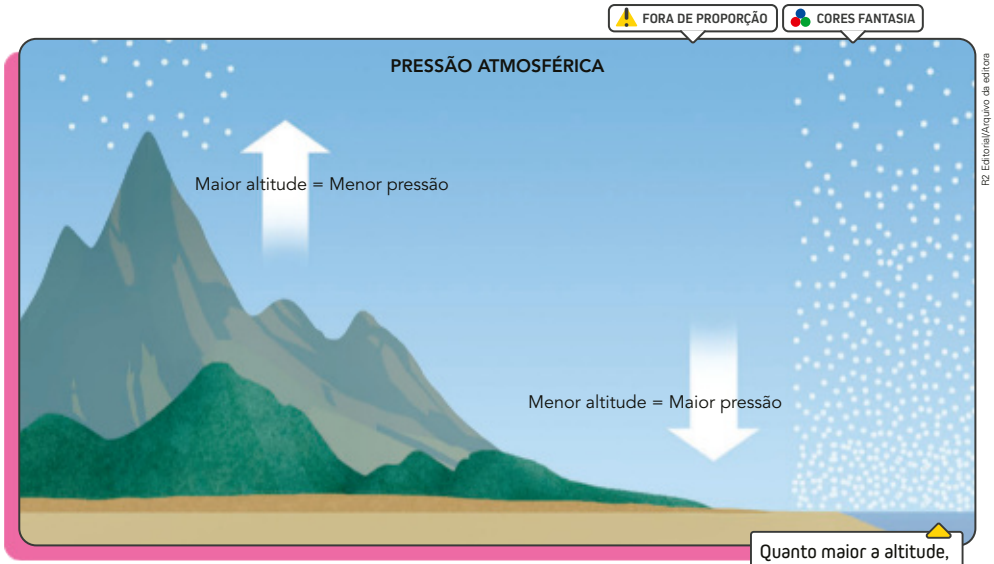
No caso da vaporização de compostos moleculares, o afastamento se dá apenas entre as moléculas, não havendo quebra de ligação química (ligação entre átomos ou íons). Desse modo, ao serem vaporizadas, as moléculas de água não chegam a ser quebradas, de forma que os átomos de hidrogênio e oxigênio presentes em cada molécula se mantêm ligados. A quebra de ligações químicas só ocorre, em condições específicas, na formação do plasma.

A influência da pressão do local nas mudanças de estado

Uma vez que a mudança de estado de agregação de uma substância depende de fatores que afetem o grau de agregação de suas unidades, a pressão exercida sobre o material também influencia esse processo.

Quanto maior a pressão do local em que, por exemplo, um líquido está armazenado, mais difícil será ele ferver, isto é, entrar em ebulição. Isso ocorre porque existe uma alta pressão que está sendo exercida sobre sua superfície, dificultando o escape de unidades do estado líquido para a atmosfera já no estado gasoso.

Reprodução do Livro do Estudante em tamanho reduzido.



Em regiões de maior altitude, a pressão atmosférica é menor. Ao nível do mar, seu valor é de 1 atm. Nesta pressão, a temperatura de ebulição da água é de 100 °C.

Para um líquido entrar em ebulição é necessário fornecer energia térmica até que o vapor formado em sua superfície alcance uma pressão igual à pressão do local em que ele está. Essa pressão estabilizada do vapor da substância, em equilíbrio dinâmico com o líquido, é chamada de **pressão máxima de vapor**. Quando um líquido entra em ebulição em um recipiente aberto, ou seja, exposto à pressão atmosférica, significa que a pressão de vapor do líquido se igualou à pressão do ar naquela região.

A pressão máxima de vapor de dois líquidos diferentes fervendo em um mesmo local é igual, mas a temperatura de cada um deles é diferente, pois a temperatura de ebulição é uma propriedade específica da matéria.

Quando um alimento é cozido em uma panela de pressão, a água utilizada nesse processo demora mais tempo para entrar em ebulição do que demoraria se fosse usada uma panela aberta. Porém, quando a ebulição se inicia, a temperatura da água é mais alta do que se estivesse fervendo em uma panela aberta. Submetido a uma temperatura mais alta, o alimento cozinha mais rápido.

#Para interpretar

NÃO ESCREVA NO LIVRO

1 **Se você, passando as férias na praia, e um colega, passando as férias nas montanhas, resolvessem cozinhar batatas em panelas abertas, no mesmo tipo de fogão e ao mesmo tempo, qual de vocês dois teria batatas cozidas primeiro? Explique seu raciocínio utilizando o conceito de temperatura de ebulição e sua relação com a pressão atmosférica.**

1. Resposta pessoal. Consulte as Orientações didáticas.

Reprodução do Livro do Estudante em tamanho reduzido.

#Para saber

Pode vir quente que eu estou fervendo
O texto trata sobre a mudança na temperatura de ebulição da água em relação à altitude.
Disponível em: http://chc.org.br/coluna/pode-vir-quente-que-eu-estou-fervendo/. Acesso em: 15 jun. 2022.

Orientações didáticas

Neste momento, continuaremos a explicar a influência da diferença de pressão de um sistema na agitação das moléculas que constituem uma substância. Você pode solicitar aos estudantes que façam uma pesquisa sobre a influência da diferença da altitude de algumas cidades brasileiras, por exemplo, na cidade em que vivem, na temperatura de ebulição de água, e como ela pode ser notada em diferentes ações cotidianas, como no cozimento dos alimentos. As informações pesquisadas podem ser discutidas em uma roda de conversa, possibilitando que os estudantes compartilhem as informações encontradas, estimulando seu interesse sobre o tema. É importante que eles compreendam como o aumento ou a diminuição da pressão de um sistema altera o tempo de cozimento dos alimentos.

Para organizar as ideias relacionadas ao que foi estudado até aqui, você pode propor aos estudantes que construam no caderno uma tabela comparativa, relacionando os estados físicos de uma substância à temperatura e à pressão de um sistema. Eles podem elaborar a tabela usando as palavras: fracas, médias e intensas – para classificar as interações moleculares – e as palavras: pouca, média e muita – para a organização espacial das moléculas. É interessante reservar um período da aula para a elaboração dessa tabela. Em seguida, você pode fazer uma tabela na lousa e solicitar aos estudantes que a preencham com os elementos que eles indicaram na tabela que elaboraram.

#Para interpretar

1. As batatas cozinhariam mais rápido ao nível do mar, pois, como a pressão atmosférica é maior, a água precisaria de mais energia (e tempo) para entrar em ebulição. Logo, a água atingiria uma temperatura mais alta antes de entrar em ebulição, e as batatas cozinhariam mais rápido. Esta atividade proporciona o trabalho com a competência geral 2 e a competência específica 2 de Ciências da Natureza.

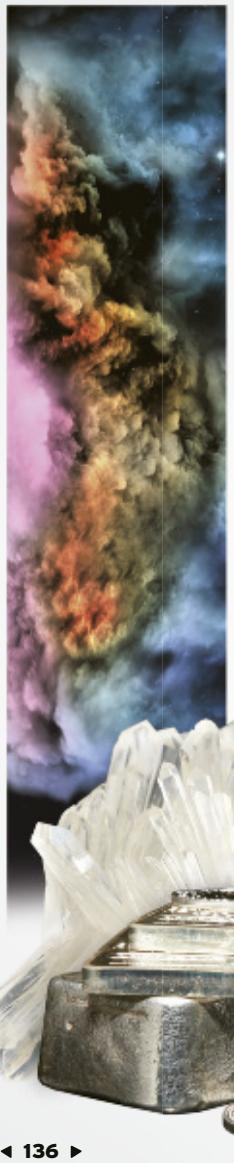
Orientações didáticas

Para iniciar a abordagem do infográfico, sugerimos ler com os estudantes todos os textos. Aproveite para fazer comentários sobre cada tópico, avaliando se eles apresentam dúvidas quanto aos conceitos apresentados. Pode ser importante enfatizar que esquemas e modelos são simplificações, mas ainda assim são úteis para o conhecimento científico, pois favorecem o estudo e a investigação da realidade com base em uma representação simplificada dos elementos e dos conceitos essenciais, que podem ser detalhados e desenvolvidos posteriormente. O trabalho com o infográfico favorece o desenvolvimento da habilidade EF09CI01.

Para auxiliar no trabalho com essa habilidade, retome os conteúdos relacionados aos tópicos "partículas", "forma", "movimento" e "aumento de temperatura". Cada tópico pode ser escrito na lousa, em colunas, e, ao mencionar cada estado de agregação, você pode questionar os estudantes sobre suas características.

#Estados da matéria

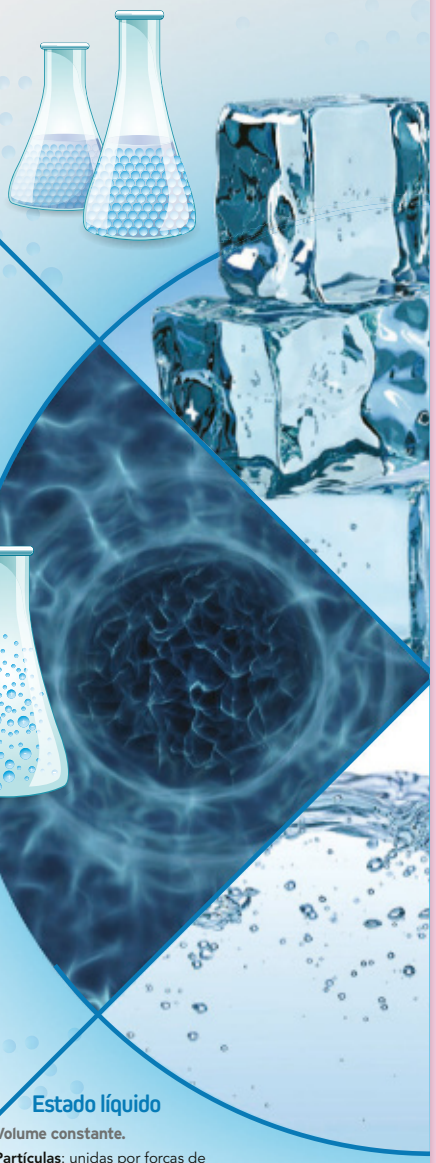
Os quatro estados (ou formas de agregação) naturais da matéria são o sólido, o líquido, o gasoso e o plasmático. Outros estados são possíveis, mas são obtidos de forma artificial, como o condensado de Bose-Einstein, por exemplo.



Estado plasmático

Sem forma nem volume definidos.

Partículas: a influência de um campo magnético pode gerar formas de raios, filamentos e camadas duplas.
Movimento: livre.
Aumento da temperatura: aumenta a velocidade das partículas, a ponto de as colisões produzirem emissões de elétrons (partículas subatômicas negativas).



Estado líquido

Volume constante.

Partículas: unidas por forças de atração não tão fortes, permitindo que se movimentem livremente pelo espaço ocupado pelo líquido. Elevada quantidade por unidade de volume, com frequentes colisões entre elas.
Forma: tomam a forma do recipiente em que estão contidas.
Movimento: desordenado, porém ocorrem associações de partículas, que se comportam como se fossem uma só, movendo-se em conjunto.
Aumento da temperatura: aumenta a energia e, consequentemente, o movimento das partículas.

◀ 136 ▶

Reprodução do Livro do Estudante em tamanho reduzido.

Estado sólido

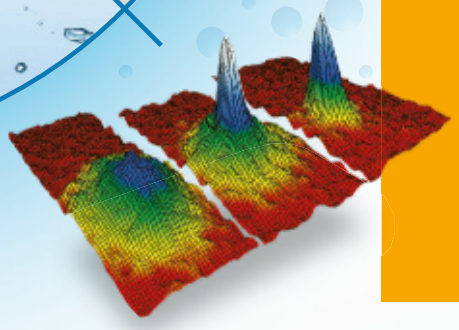
Forma e volume constantes.

Partículas: formadas por poderosas forças de atração, ocupando posições quase fixas. Quando o material solidifica numa estrutura cristalina, estão dispostas de forma ordenada, com uma regularidade espacial geométrica.
Movimento: podem apresentar movimentos de vibração e oscilação em torno de posições fixas, mas não se deslocam ao longo do sólido.
Aumento da temperatura: produz um aumento da vibração das partículas.

Estado gasoso

Fluido, sem forma nem volume constantes.

Partículas: unidas por forças de atração muito fracas, havendo muito poucas unidades em um dado volume.
Movimento: desordenado, com choques entre si e com as paredes do recipiente. Podem ser expandidas e comprimidas até um limite em que se tornam líquidas.
Aumento da temperatura: faz com que as partículas se movam rapidamente, chocando-se com ainda mais energia contra as paredes do recipiente, provocando um aumento de pressão.



Condensado de Bose-Einstein

Este gráfico confirma a descoberta de uma nova mudança de estado físico na matéria, o condensado de Bose-Einstein. Os dados foram obtidos de uma amostra gasosa de um metal, em que as cores indicam as quantidades de átomos do metal, de acordo com as velocidades das partículas. As áreas brancas e azuis indicam as menores velocidades. Da esquerda para a direita, no conjunto de gráficos, visualizamos a formação do condensado de Bose-Einstein, em que há formação de uma estrutura que se comporta como se fosse um único átomo (superátomo).

Estados da matériaEl Biblioteca S.A.

Reprodução do Livro do Estudante em tamanho reduzido.

Orientações didáticas

O infográfico é um interessante recurso que pode ser utilizado para sintetizar as informações, relacionando-as a cada um dos estados físicos estudados: os tipos de atração entre as partículas que constituem uma substância, o volume que ocupam, como se dá seu movimento e a influência da diferença de temperatura e pressão em seu comportamento.

Outra opção é pedir aos estudantes que usem o infográfico para explicar as características dos estados físicos da matéria, e para recuperar algum conceito que não tenham compreendido durante o estudo deste capítulo.

Nesse momento, você pode verificar se é necessário retomar conteúdos que os estudantes ainda não compreenderam totalmente. Se achar pertinente, é possível solicitar a eles que retomem as anotações feitas ao longo do capítulo ou explorar o conteúdo de maneira resumida, utilizando outras metodologias pedagógicas.

Orientações didáticas

O grupo de atividades permite ampliar e desenvolver a habilidade EF09CI01.

Sugerimos selecionar alguns exercícios para que sejam feitos em sala de aula e outros em casa, com a ajuda da família ou responsável. Separe alguns minutos de sua próxima aula para realizar a correção dos exercícios e verificar possíveis defasagens de conteúdo. Caso julgue necessário, faça uma revisão dos conteúdos abordados até o momento.

Sugerimos que você oriente os estudantes a consultar as anotações que fizeram, por exemplo, durante as pesquisas realizadas ao longo do capítulo, ou mesmo revejam os vídeos a que assistiram e os textos que leram e acompanharam.

Para aprofundar ainda mais os estudos relacionados aos estados físicos da matéria e a suas transformações, você pode solicitar que os estudantes pesquisem as temperaturas necessárias para alterar os estados físicos de diferentes substâncias. As temperaturas encontradas podem ser comparadas com as temperaturas de fusão e ebulição da água, por exemplo.

#Atividades

1. A resposta à questão proposta está no Livro do Estudante. Por meio do quadro, os estudantes podem explicar as mudanças de estado físico da matéria que ocorrem em diferentes situações cotidianas.

2. a) A resposta à questão proposta está no Livro do Estudante.

b) Os exemplos clássicos são: gás carbônico ou dióxido de carbono (CO_2), iodo, naftaleno e naftalina. Porém, algumas inconsistências surgem em relação aos termos empregados quando são realizados experimentos para ilustrar a sublimação, entretanto, com o aquecimento intenso e não controlado, alterando a pressão de vapor da substância até que manifeste outras mudanças de estado físico além da sublimação.

c) A resposta à questão proposta está no Livro do Estudante.

3. A resposta à atividade está no Livro do Estudante.

Consulte as Orientações didáticas para respostas e comentários das atividades.

#ATIVIDADES

NÃO ESCREVA NO LIVRO

1. No caderno, construa um quadro semelhante ao disponível a seguir e preencha-o com o nome de cada mudança de estado de agregação associada aos eventos citados.

Fenômeno	Mudança de estado de agregação
Secagem de roupas no varal	Evaporação
Formação de nuvens a partir de vapor de água	Condensação
Formação de geada	Solidificação
Derretimento do gelo nas calotas polares	Fusão

2. Você já ouviu falar em alimentos liofilizados? São alimentos que foram desidratados por um processo de congelamento e secagem. Criado em 1906, na França, esse método de preservação biológica de tecidos animais e vegetais se popularizou na indústria alimentícia, na década de 1960. Liofilizar um material significa congelá-lo abaixo de -30 °C e, em seguida, colocá-lo em uma câmara sob baixa pressão por uma bomba de fazer vácuo. Sob essas condições, o gelo do material passa direto para o estado gasoso e, dessa forma, a água é removida.

2. a) Sublimação.

a) Qual é o nome da mudança de estado físico envolvida no processo de liofilização?

b) Pesquise substâncias que apresentem mudanças de estado semelhantes ao que ocorre com a água na liofilização, mas que exibam esse comportamento a temperatura e pressão ambientes.

c) Por que a técnica de liofilização se mostrou tão vantajosa para a as áreas alimentícia, farmacêutica, esportiva e aeroespacial?

2. c) Por tornar o material mais leve e mais resistente à deterioração, a técnica retarda a decomposição de medicamentos e previne a proliferação de microrganismos em tecidos animais e vegetais.

3. O sal de cozinha e o açúcar refinado são dois materiais presentes em praticamente todas as casas, não só no Brasil, mas em todo o mundo. Ambos são sólidos e brancos à temperatura ambiente e o consumo deles deve ser moderado. Estas são as únicas semelhanças entre eles: um é salgado e o outro é doce; a solução aquosa de sal conduz corrente elétrica, enquanto a de açúcar não; conseguimos fundir o açúcar com a chama de um fogão a gás, mas o sal não; etc.

3. A intensidade da atração entre os íons no sal é maior do que a força que mantém unidas as moléculas no açúcar.

A fusão do sal de cozinha, que contém íons de cargas opostas na sua estrutura química, ocorre próximo a 800 °C. Essa temperatura não chega a ser alcançada quando o material está em uma panela, sobre a boca acesa de um fogão. O açúcar, por outro lado, funde abaixo de 200 °C.

Por que o açúcar apresenta uma temperatura de fusão mais baixa que a do sal, uma vez que ambos são sólidos à temperatura ambiente?

4. Uma técnica de separação de misturas muito usada em laboratórios farmacêuticos e na indústria é a destilação. O princípio desse método envolve as diferenças entre as temperaturas de ebulição dos componentes de uma mistura homogênea. Especialmente na área de cosméticos e de medicamentos, o que ocorre é que alguns componentes de interesse, contidos

Reprodução do Livro do Estudante em tamanho reduzido.

em extratos vegetais, por exemplo, são sensíveis a altas temperaturas e não seriam preservados em uma destilação comum. Para esses casos, foram feitas adaptações nos sistemas de destilação, como evidencia a montagem do aparelho mostrado na fotografia.

A possibilidade de realizar a destilação de uma mistura em um sistema cuja pressão interna é mais baixa do que a atmosférica permitiu inúmeros avanços nos estudos dos princípios ativos de plantas medicinais.

Explique como a destilação sob pressão reduzida permite que os componentes da mistura sejam destilados a uma temperatura mais baixa, associando os fatores que estão atuando, neste caso, sobre o grau de agregação das moléculas.

Vladimir Mulder/Shutterstock

Sistema para destilação sob pressão reduzida.

4. A redução da pressão interna do recipiente em que a mistura se encontra faz com que as temperaturas de ebulição dos líquidos dessa mistura diminuam. Assim, os líquidos vão ferver em temperaturas mais baixas.

5. a) O calor transferido pela mão aquece o bulbo e aumenta a energia cinética das moléculas do vapor, fazendo com que se afastem mais umas das outras.

5. O ebulidor de Franklin, ou ebulioscópio, é um aparelho que chama a atenção das pessoas, que se divertem ao observar seu funcionamento. Ele é constituído de uma ampola de vidro, com suas duas extremidades ligadas por um tubo de vidro. Um dos seus compartimentos é preenchido com um líquido de baixo ponto de ebulição (muito volátil), geralmente tingido, para deixar o efeito mais bonito. Quando tocamos no compartimento preenchido, envolvendo a parte externa dele, o líquido sobe pelo tubo e vai para o outro compartimento.

A razão para o deslocamento do líquido tem a ver com a expansão térmica do vapor contido na parte inferior da ampola, causada pelo aquecimento repentino (calor transferido da mão para o vidro). Ao ser aquecido, o vapor pressiona a fase líquida, que é deslocada tubo acima.

a) O que ocorre com o vapor da substância contida no bulbo, em nível molecular, ou seja, submicroscópico, que justifica sua expansão, quando aquecido?

b) Como conseguimos fazer o líquido voltar ao bulbo de origem?

c) Qual seria o problema de se usar um líquido com alta temperatura de ebulição no interior de um ebulidor de Franklin?

Charles D. Winters/Science Source/Fotoarena

Ebulidor de Franklin.

5. b) Colocando a mão na extremidade oposta da ampola ou resfriando o bulbo de origem.

5. c) Não acumularia tanto vapor dentro do bulbo inferior e seria menos eficiente para empurrar o líquido pelo tubo interno.

Reprodução do Livro do Estudante em tamanho reduzido.

Orientações didáticas

#Atividades

4. A resposta à atividade está no Livro do Estudante.

5. a) A resposta à questão proposta está no Livro do Estudante. Explicações mais detalhadas desse efeito referem-se ao princípio de Pascal: "Quando um ponto de um fluido em equilíbrio sofre uma variação de pressão, essa variação será transmitida a todos os outros pontos do fluido". Porém, a ideia é simplificar a explicação, evidenciando o aumento da energia cinética das moléculas.

b), **c)** As respostas às questões propostas estão no Livro do Estudante.

Orientações didáticas

Neste capítulo, os estudantes aprenderão a reconhecer a simbologia e os aspectos quantitativos aplicados nas equações químicas, de modo a representar as substâncias participantes de uma reação. Também analisarão as transformações químicas com base nas relações quantitativas, em termos de massa existente entre as substâncias envolvidas. Além disso, serão associadas as descobertas aos diferentes estudos científicos e tecnológicos realizados ao longo da história, por exemplo, as leis propostas por Lavoisier, Proust e Dalton, que contribuíram para a compreensão da estrutura e do comportamento quantitativo da matéria. Por meio desses conhecimentos, perceberão como esses fatos levaram à compreensão das transformações que ocorrem em inúmeros fenômenos cotidianos.

Inicialmente, sugerimos pedir aos estudantes que analisem a imagem da página de abertura e descrevam o que observam. Espera-se que eles identifiquem um laboratorista separando a amostra de uma substância para pesá-la em uma balança de precisão. Questione-os se sabem o que é uma balança de precisão e peça que expliquem a diferença entre esse tipo de balança e uma comum. É possível que os estudantes nunca tenham tido contato com um equipamento como o retratado na fotografia; portanto, explique a diferença entre os dois tipos de balança e comente que a balança de precisão é importante para o uso laboratorial. Em seguida, solicite que, com base nos conhecimentos prévios, expliquem qual é a importância de utilizar equipamentos de alta precisão, por exemplo, em áreas médicas e farmacêuticas. Pode ser que, nesse momento, eles não consigam explicar com exatidão a necessidade de obter resultados mais confiáveis, por exemplo, durante a realização da medida da massa da amostra de determinada substância. Destaque que o uso de medidas corretas e precisas é imprescindível para evitar erros que possam ocasionar, por exemplo, sérios prejuízos. Observe e registre, em uma pauta de observação ou em outro tipo de material, as respostas dos estudantes, verificando se conseguem relacionar os aspectos quantitativos da realização de uma reação química. Peça que registrem todas as respostas, por exemplo, em um mapa conceitual. Você pode explicar a importância dos registros do que aprenderam para o desenvolvimento do conhecimento, bem como para que possam usar as anotações ao longo do estudo deste capítulo.

CAPÍTULO 8

Transformações químicas

Objetivos do capítulo

- Reconhecer a simbologia aplicada nas equações químicas.
- Analisar as transformações químicas com base nas relações de massa entre as substâncias envolvidas.

Na BNCC

Habilidade: EF09CI02.

Vladimka production/Shutterstock

Atividades laboratoriais de alta precisão, como o desenvolvimento e a produção de medicamentos e vacinas, necessitam de instrumentos de medida extremamente precisos, como as balanças de alta precisão, que medem massas de até 0,00001 g.

Até agora, exploramos as principais descobertas científicas que fizeram parte da busca pelo entendimento da estrutura da matéria. Conhecer a estrutura da matéria nos permite compreender como suas transformações ocorrem e como podemos modificar a composição dos materiais.

Aprender a controlar as transformações químicas foi um dos maiores passos da humanidade rumo a diversos avanços científicos e tecnológicos. A partir do momento em que as práticas baseadas em tentativa e erro deram lugar ao método científico, foi possível planejar, executar e repetir experimentos de uma maneira muito mais eficiente. Diante disso, os instrumentos de medida passaram a ser itens obrigatórios nos laboratórios e nas indústrias. Atualmente, produtos químicos e bioquímicos podem ser fabricados na ordem de microgramas ou toneladas, sempre seguindo as mesmas proporções dos materiais envolvidos.

Neste capítulo, vamos discutir como algumas leis permitem fazer previsões das massas das substâncias envolvidas em uma transformação química em diferentes situações.

NÃO ESCREVA NO LIVRO

#Para iniciar

- Que tipos de relações existem entre as massas das substâncias que participam de uma transformação química?
- Como as leis químicas se aplicam ao nosso dia a dia?

Respostas pessoais para mobilização dos conhecimentos prévios dos estudantes. Consulte as Orientações didáticas.

Reprodução do Livro do Estudante em tamanho reduzido.

#Para iniciar

Este boxe tem o objetivo de auxiliá-lo(a) na identificação dos conhecimentos prévios, das habilidades, das atitudes e dos valores dos estudantes. Por isso, sugerimos que eles realizem o registro de suas respostas iniciais no caderno, a fim de que possam ser retomadas e revistas no final do capítulo. Isso contribuirá para que se conscientizem do desenvolvimento de suas aprendizagens e da construção do seu conhecimento. A seguir, comentários às questões propostas:

- Oriente os estudantes de modo que, com base em seus conhecimentos prévios, consigam explicar as relações entre as massas das diferentes substâncias que participam de determinada reação química. Anote, por exemplo, em uma pauta de observação, todas as respostas apresentadas por eles.
- É possível que os estudantes tenham dificuldade em explicar como as leis ponderais se aplicam no dia a dia. Nesse sentido, você pode mencionar, por exemplo, como cozinheiros utilizam balanças no preparo de certos alimentos, a fim de prever as quantidades exatas necessárias para o preparo correto das receitas.

Representações das transformações químicas

No 6º ano, quando discutimos as transformações físicas e químicas, definimos como evidências os efeitos que podem ser percebidos quando uma transformação química acontece. Observe, na imagem, algumas dessas evidências.

Além de indicar a ocorrência de uma transformação química, as evidências podem servir de pistas para a determinação da composição de alguma substância que foi formada ou que já estava presente antes da ocorrência da transformação. Foi por meio da observação das transformações químicas e de suas evidências que diferentes cientistas conseguiram determinar do que as substâncias eram formadas e até mesmo identificar elementos químicos pela primeira vez.

#Para refletir

NÃO ESCREVA NO LIVRO

1 **Se não for possível observar ao menos uma das quatro evidências apresentadas, podemos concluir que não ocorreu uma transformação química?** 1. Não. Algumas transformações químicas ocorrem ainda que as mudanças não sejam visualmente perceptíveis.

Mas, afinal, como cientistas de diversas partes do planeta e, portanto, falantes de diferentes línguas, conseguem comunicar seus resultados experimentais uns aos outros, garantindo que todos reconheçam as substâncias e os elementos químicos que as compõem?

Para resolver essa questão, a Química, que é uma ciência experimental, deve ter seus conhecimentos organizados conforme um sistema de símbolos próprios que são utilizados para descrever processos como as transformações químicas. Quando estudamos uma reação química, usamos esses símbolos para identificar as substâncias químicas envolvidas. Cada substância é representada pela combinação dos símbolos que representam os elementos que a compõem e a quantidade de átomos de cada elemento presente em uma única molécula ou em um único composto iônico da substância. Essa combinação de símbolos é chamada de **fórmula química**.

Cada elemento químico é representado por determinado símbolo indicado na **tabela periódica**, um sistema gráfico de organização das informações de todos os elementos químicos naturais ou produzidos em laboratório. Nesse momento, você não precisa se preocupar em memorizar nenhuma informação da tabela periódica, apenas compreender a sua função.

Reprodução do Livro do Estudante em tamanho reduzido.

Orientações didáticas

Inicialmente, sugerimos pedir aos estudantes que comentem exemplos de reações químicas que ocorrem no cotidiano. É possível que nesse momento eles confundam reações químicas com reações físicas. Caso isso ocorra, retome brevemente o conteúdo abordado no 6º ano e, com base nos exemplos citados, peça que expliquem o que os motivou a acreditar que ocorreram reações químicas.

Em seguida, comente com a turma que a ocorrência de uma série de transformações químicas pode ser comprovada por meio das evidências exemplificadas no Livro do Estudante. Se possível, organize uma aula experimental ou demonstrativa, na qual os estudantes possam ter contato com algumas reações químicas simples para observar os resultados, como no boxe *#Atividade complementar* sugerido. Nesse momento, não é necessário detalharem as reações que ocorreram e os componentes utilizados, pois o foco deve ser apenas nas evidências observadas. Caso algum estudante seja deficiente visual, é possível explorar reações que podem ser sentidas pelo tato, ou que liberem odores que possam ser inalados.

Em seguida, sugerimos que você peça aos estudantes que proponham hipóteses para a questão apresentada no Livro do Estudante e expliquem como os cientistas conseguem comunicar os resultados experimentais mesmo falando diferentes línguas. Nesse momento, sugerimos que você anote todas as respostas no quadro de giz, verificando se eles citam o uso de modelos e de símbolos químicos como forma de padronização da linguagem científica. Relacione-os com a sinalização de trânsito, na qual símbolos são usados para representar regras ou informações sem que seja necessário usar frases extensas.

#Para refletir

1. A resposta à questão está no Livro do Estudante. Esta questão estimula uma reflexão importante e visa garantir que os estudantes não sejam levados a acreditar que a ocorrência das reações químicas seja estritamente acompanhada por efeitos visuais. Como exemplo, pode-se citar a neutralização de misturas alcalinas, como água de cal que tem aspecto leitoso devido à reação com o gás carbônico do ar, levando à formação do calcário. Ou, ainda, a obtenção do sal cloreto de sódio a partir da mistura de duas soluções aquosas incolores, chegando a outra solução incolor, mas de composição diferente das iniciais. O trabalho dessa questão favorece o desenvolvimento da competência geral 2 e da competência específica 2 de Ciências da Natureza.

#Atividade complementar

Efervescência e mudança de cor

Prática 1 – Material

- Béquer de 250 ml;
- 100 ml de água;
- 1 comprimido efervescente.

Como fazer

Coloque 100 ml de água no béquer. Em seguida, adicione o comprimido efervescente e observe a reação.

Prática 2 – Material

- Erlenmeyer de 1 000 ml;
- 300 ml de água;
- Frasco conta-gotas contendo solução de azul de bromotimol em meio básico;
- Frasco conta-gotas contendo vinagre;
- Frasco conta-gotas contendo solução de bicarbonato de sódio 5%;
- Canudo.

Como fazer

Coloque 300 ml de água no erlenmeyer. Em seguida, adicione 3 gotas da solução de azul de bromotimol e agite. Insira o canudo dentro da água e assopre a outra extremidade por alguns segundos.

Orientações didáticas

Nesta página, apresentamos a tabela periódica como recurso para organizar os elementos químicos.

Comente que a tabela periódica é usada como uma linguagem universal para organizar os elementos químicos por meio de padrões estabelecidos e seguidos por cientistas de diferentes nacionalidades. Nesse momento, sugerimos que você relembre a importância do uso de diferentes linguagens, como equações químicas e símbolos químicos, a fim de representar uma transformação química, para que tanto os cientistas quanto a população em geral possam compreender e interpretar fatos e fenômenos relacionados à ciência.

Sugerimos iniciar esse estudo perguntando aos estudantes o que conhecem da tabela periódica. Na sequência, é interessante explicar a eles que não é necessário memorizar todos os elementos químicos presentes na tabela, mas que é importante compreender as características e as informações que essa ferramenta científica apresenta. Sugerimos que você faça um resgate histórico para explicar a organização dos elementos químicos nos períodos e grupos, assim como as classificações entre metais, não metais e gases nobres.

#Atividade complementar

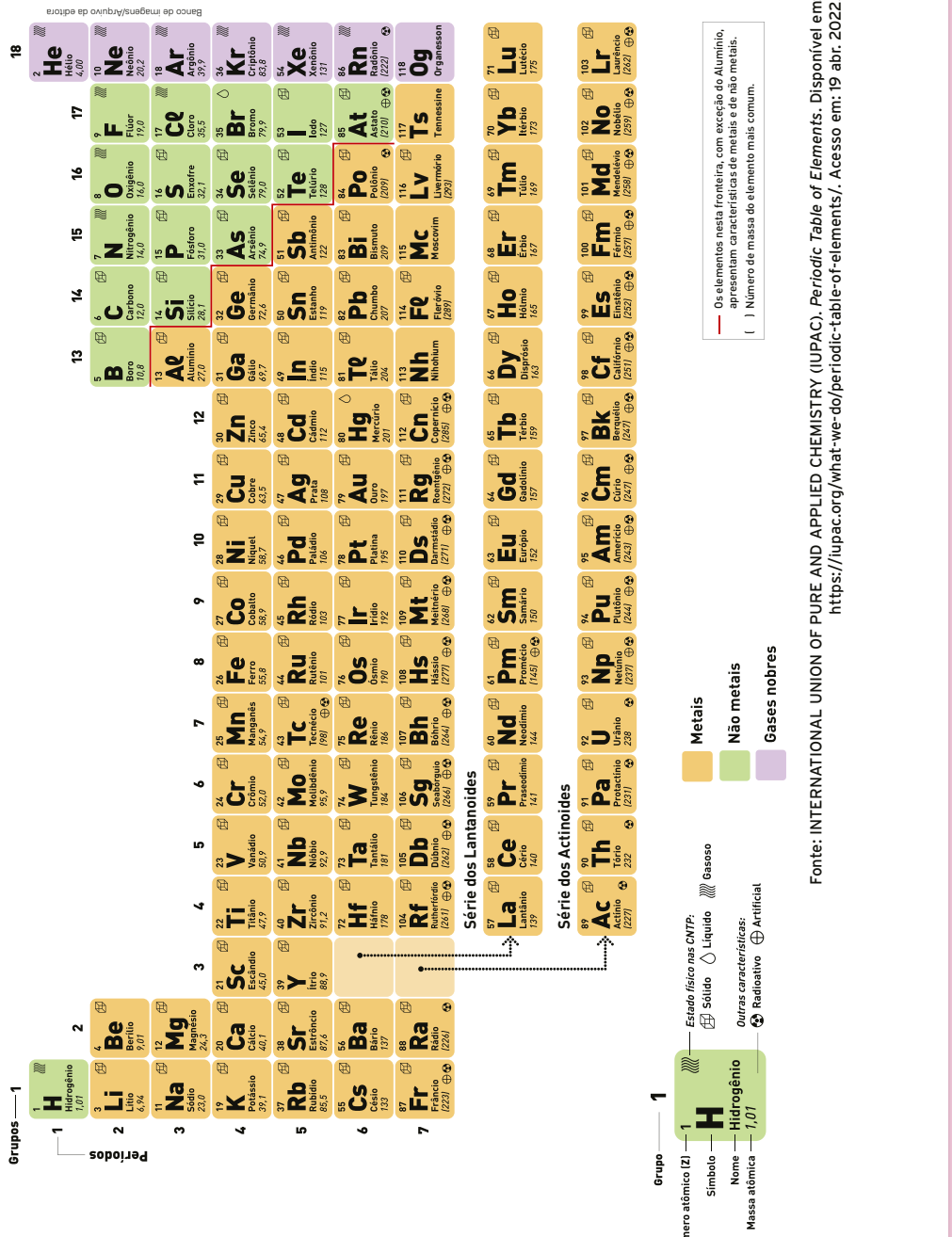
Os elementos

Sugerimos uma atividade complementar para que os estudantes compreendam a aplicação de determinados elementos químicos.

Peça a eles que se organizem em grupos de até quatro integrantes. Em seguida, solicite que acessem uma tabela interativa e pesquisem 3 ou 4 elementos químicos. No boxe *#Para saber* +, há um exemplo de tabela periódica que pode ser utilizada na atividade.

Auxilie-os na escolha dos elementos para que não se repitam. Depois, peça aos estudantes que pesquisem as aplicações, as características e as propriedades desses elementos, bem como as regiões do planeta onde são mais encontrados. Se possível, é interessante que pesquisem também se os elementos escolhidos são encontrados fora do planeta Terra.

Os resultados das pesquisas podem ser apresentados de diversas formas, por exemplo, por meio de vídeos, *podcasts*, infográficos, entre outros. As apresentações também podem ser disponibilizadas nas mídias sociais da escola.



Reprodução do Livro do Estudante em tamanho reduzido.

#Para saber

Tabela periódica interativa

Nessa tabela periódica interativa, ao clicar em um elemento químico, você terá acesso às características e aplicações do elemento escolhido.

Disponível em: www.tabelaperiodica.org/. Acesso em: 7 jun. 2022.

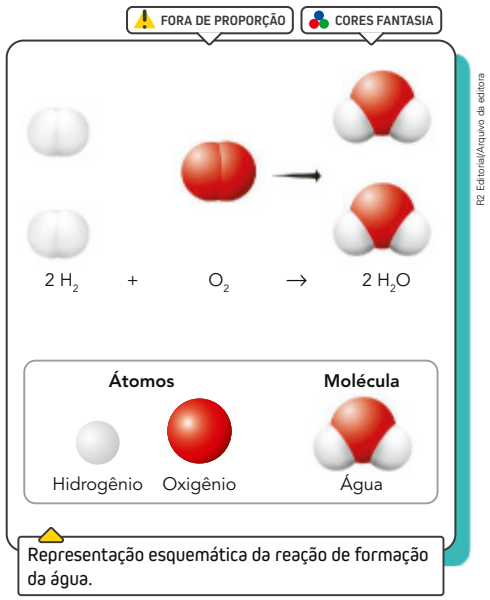
Para entender como as transformações químicas são representadas, vamos utilizar a reação de obtenção da água como exemplo. Cada molécula de água é formada por dois átomos do elemento químico hidrogênio (símbolo H) e um átomo do elemento químico oxigênio (símbolo O). Por esse motivo, sua fórmula química é H_2O.

Uma das várias maneiras de produzir água é a partir de duas substâncias constituídas, cada uma, apenas por átomos de um dos elementos, as chamadas **substâncias simples**. Nesse caso, o oxigênio está presente na substância simples gás oxigênio (fórmula química O_2, ou seja, uma substância formada por dois átomos de oxigênio), enquanto o hidrogênio está presente na substância simples gás hidrogênio (fórmula química H_2, ou seja, uma substância formada por dois átomos de hidrogênio).

Ao representar essa reação, as fórmulas químicas dos gases, aqui chamados de **reagentes**, devem ser representadas separadas por um sinal matemático de soma (+). Na sequência, devemos inserir uma seta simples (→) para indicar a ocorrência da reação química. Na sequência da seta, devemos inserir as fórmulas químicas das substâncias formadas, as quais são chamadas de **produtos**. Se houver mais de um produto, o sinal de soma também deve ser usado para separar as fórmulas de cada um. Dessa forma, estamos escrevendo uma **equação química**.

Vamos agora analisar a representação gráfica da reação química de formação da água. Observe que, ao formar a molécula de água, os átomos presentes nas moléculas dos gases passam por uma reorganização: cada dois átomos de hidrogênio que, antes, estavam ligados entre si, passa a se ligar a um átomo de oxigênio que, por sua vez, estava ligado a outro átomo de oxigênio. Reorganizações atômicas como essa ocorrem em toda reação química.

Esse tipo de representação, resumida e ilustrada por esquemas, é fruto de extensos estudos ocorridos no final do século XVII. As pesquisas experimentais conduzidas nessa época, envolvendo instrumentos de medidas de massas e de volumes, permitiram a elaboração de leis que ficaram conhecidas como **leis das combinações químicas**. Essas leis descrevem como os átomos se combinam em diferentes reações químicas, considerando, inclusive, as relações de proporcionalidade das massas das substâncias presentes. As leis que consideram as relações de massas são conhecidas como **leis ponderais**. A seguir, vamos estudar algumas delas.



Representação esquemática da reação de formação da água.

#Para interpretar

NÃO ESCREVA NO LIVRO

1. O que significam os números na equação química da reação de formação da água?
2. A quantidade de átomos é a mesma dos dois lados da seta? Por que isso ocorre?

1. e **2.** Consulte as Orientações didáticas.

Reprodução do Livro do Estudante em tamanho reduzido.

Orientações didáticas

Continuando a abordagem do tópico, vamos explorar a representação das transformações químicas. Para isso, sugerimos que você represente no quadro de giz a equação química genérica:

reagente 1 + reagente 2 → produto

Depois, peça aos estudantes que observem a representação esquemática da reação de formação da água no Livro do Estudante e identifiquem quais são os reagentes e qual é o produto.

Destaque que os elementos hidrogênio e oxigênio são representados pelas letras **H** e **O**, que são os reagentes, e que elas são utilizadas como símbolos desses elementos. Esclareça também que a junção desses símbolos representa a fórmula química da água, nesse caso, o produto. Em seguida, peça que indiquem outros componentes que podem ser observados na equação química, além dos símbolos dos elementos, e o que eles acreditam que representam. Espera-se que os estudantes observem que também há números na equação química e os associem à quantidade de elementos representados.

#Para interpretar

As atividades deste boxe oferecem aos estudantes a oportunidade de desenvolver as habilidades de leitura, uma vez que demandam processos de compreensão e inferência de textos. Após a leitura do texto, peça aos estudantes que respondam às questões no caderno e, depois, disponibilize um período para discutir a leitura e as respostas dadas às questões.

Por meio das atividades propostas, espera-se favorecer o desenvolvimento da competência geral 2 e da competência específica 2 de Ciências da Natureza.

Sugestões de respostas e comentários às questões propostas:

1. Significam as quantidades de átomos ou de moléculas participantes da reação.

2. Sim, as quantidades de átomos que participam da reação é a mesma dos dois lados das setas, reagentes e produtos. Isso ocorre porque existe uma proporcionalidade entre as substâncias participantes da reação.

Orientações didáticas

Neste tópico são exploradas as leis ponderais, favorecendo o desenvolvimento da habilidade EF09CI02 e da competência específica 3 de Ciências da Natureza.

Sugerimos que você inicie o estudo do tema estabelecendo relações com situações do cotidiano dos estudantes. Comente diferentes momentos em que são utilizadas as relações quantitativas de massa; por exemplo, no preparo de um bolo, os cozinheiros usam balanças para mensurar as quantidades dos ingredientes usados, uma vez que é muito importante que as quantidades de massa dos ingredientes sejam obedecidas para que o bolo cresça e fique gostoso. Explique que, assim como ocorre no preparo de um bolo, a rigorosidade na aferição de massa e de quantidades na realização de um estudo, ou experimento, de uma reação química é muito importante para garantir que o resultado esperado seja atingido.

Caso considere pertinente, realize uma atividade prática com os estudantes para que possam observar essa relação. Para isso, disponibilize recipientes de plástico, farinha e água. Em seguida, peça aos estudantes que coloquem uma quantidade de farinha no recipiente e, depois, despejem água de forma gradual, sentindo a mudança na textura da farinha. Dependendo da quantidade de água misturada, será observado um aspecto e uma textura diferente na massa.

Na sequência, será abordada a lei de conservação das massas proposta por Lavoisier. Sugerimos que você inicie este tópico explicando a importância dos estudos de Lavoisier para o desenvolvimento da Química como ciência e o contexto histórico, estimulando o interesse dos estudantes para o tema e favorecendo a compreensão dos aspectos históricos, culturais e sociais no desenvolvimento de pesquisas. Caso considere pertinente, sugerimos a leitura em sala de aula de textos de episódios históricos relacionados a Lavoisier, disponível no artigo sugerido no boxe *#Para saber +*, indicado na página seguinte. Outra possível abordagem é solicitar aos estudantes que pesquisem sobre a vida e a história dos estudos desenvolvidos por Lavoisier. Com os dados pesquisados, oriente-os a elaborar um texto para ser compartilhado com a turma, favorecendo a autonomia e a habilidade de compreensão de texto e síntese.

Depois, peça que leiam o texto da lei de conservação das massas e troquem ideias sobre o que entenderam da leitura. Caso observe que eles apresentam dúvidas em relação a alguns termos, como "sistema fechado", solicite que levantem hipóteses sobre o que se trata e encaminhe a discussão para a explicação do termo.

Leis ponderais

As relações de proporção de massas estão presentes em nosso cotidiano. Por exemplo, quando usamos receitas para preparar alimentos, temos acesso a informações importantes, como as quantidades dos ingredientes. Essas quantidades, mesmo quando são expressas em unidades de medida caseiras, como xícaras, têm uma relação de proporção e podem ser convertidas para unidades de massa, como o grama.

Sophie Mahdavi/Shutterstock

Para não "errar a mão" nos preparos, os cozinheiros costumam usar balanças para medir a quantidade dos ingredientes que serão usados nas receitas.

Além das quantidades, as receitas informam a ordem em que devemos misturar os ingredientes, as etapas do preparo, o tempo de cada etapa e o rendimento. Sem essas informações importantes, dificilmente duas pessoas vão conseguir produzir um prato com as mesmas características.

Na ciência, não é muito diferente. Até publicar um procedimento experimental, para que outros pesquisadores possam reproduzir e utilizar o estudo para a resolução de outros problemas, há um longo caminho. É necessário criar hipóteses, testá-las por meio de verificações criteriosas, repetir medições, analisar resultados e procurar conexões com outros casos similares. Dessa forma, são criadas leis, sistemas de aplicação e metodologias científicas que podem ser usadas por aqueles que se dedicam a investigar uma dada área do conhecimento.

Na ciência, uma lei não se limita a explicar apenas um ou poucos experimentos sobre determinado fenômeno. Cada lei abrange um conjunto de situações, de forma a **prever resultados** do modo mais confiável possível. Assim, as leis ponderais são aquelas que preveem as relações de massas que podemos observar em qualquer reação química.

Lei de conservação das massas (lei de Lavoisier)

O químico francês Antoine-Laurent de Lavoisier (1743-1794), o físico e químico irlandês Robert Boyle (1627-1691) e outros estudiosos da ciência foram importantes cientistas que se apoiaram no método científico e transformaram a Química em uma ciência baseada em leis e em experimentos reprodutíveis.

Entre 1773 e 1775, Lavoisier realizou uma série de experimentos sobre as combinações químicas, tendo a balança como principal instrumento de medida. Boa parte dos experimentos executados por ele envolvia o aquecimento de substâncias, sob condições controladas, com o monitoramento das massas de reagentes e de produtos no início e no fim dos testes. Com base em suas observações, análises de resultados e conclusões, Lavoisier elaborou a **lei de conservação das massas**, que pode ser enunciada da seguinte forma:

> **Em um sistema fechado, a soma das massas dos reagentes é igual à soma das massas dos produtos.**

Reprodução do Livro do Estudante em tamanho reduzido.

Você provavelmente conhece a versão interpretada e popularizada da lei de Lavoisier, que diz: "Na natureza, nada se cria, nada se perde, tudo se transforma".

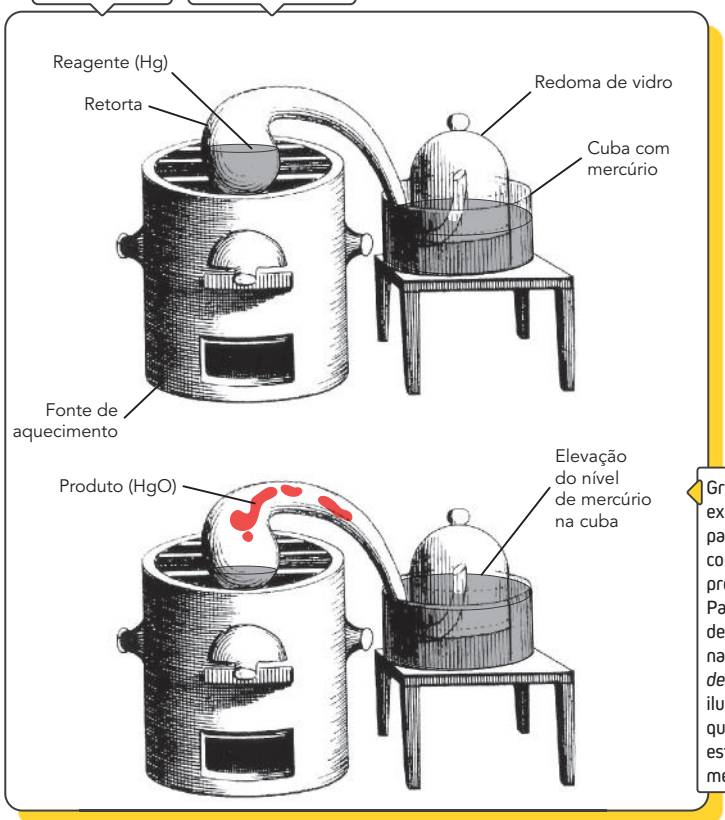
Em um de seus experimentos mais famosos, realizado em 1774, Lavoisier adicionou uma massa conhecida de mercúrio metálico (símbolo Hg) em um aparato de vidro, chamado de retorta. A ponta aberta da retorta era acoplada a uma redoma de vidro, contendo ar atmosférico. Para que o ar não escapasse da redoma e para que fosse possível verificar se o volume de gás se alterava durante o experimento, a redoma era mergulhada em mercúrio líquido, contido em uma cuba de vidro. Observe a ilustração a seguir.

© Giancarlo Costa/Bridgeman/Fotoarena

Nesta gravura do século XIX, de um autor desconhecido, Lavoisier demonstra a outros cientistas seu experimento que revelou a composição do ar, em 1776.

CORES FANTASIA | FORA DE PROPORÇÃO

SPL/Fotoarena



Gravura da montagem experimental de Lavoisier para verificar a lei de conservação das massas, produzida por Marie-Anne Paulze (1758-1836), esposa de Lavoisier, e publicada na obra *Tratado elementar de Química*, em 1789. Na ilustração, é possível observar que a abertura da retorta estava acima do nível do mercúrio nos dois momentos.

Reprodução do Livro do Estudante em tamanho reduzido.

#Para saber

O episódio histórico das teorias do flogisto e calórico: criando interfaces entre a História e Filosofia da Ciência e o Ensino de Química na busca pela humanização do trabalho científico

Este artigo aborda a análise de episódios da história da ciência, mostrando que ela pode ser usada como uma estratégia didática que promove a superação de visões descontextualizadas da ciência.

Disponível em: https://revistas.pucsp.br/index.php/hcensino/article/view/36818.

Lavoisier e a combustão: uma proposta para o ensino de Química baseada na História e Filosofia da Ciência

O texto apresenta uma proposta didática para o ensino de Química por meio da leitura de textos de Lavoisier, utilizando como base a história e a filosofia da ciência.

Disponível em: https://periodicos.ufba.br/index.php/anaiseneq2012/article/view/7545/5189. Acesso em: 20 abr. 2023.

Orientações didáticas

Se julgar conveniente, você pode ampliar o estudo desse tema com a leitura do texto a seguir.

#Para ler

As metodologias de ensino de Ciências propõem inúmeras estratégias didáticas para tornar o ensino mais motivador, contextualizado e dinâmico, de forma a conseguir boa formação do aprendiz. Uma dessas metodologias defende do uso da história e da filosofia da ciência (HFC) como forma de superar obstáculos epistemológicos e visões descontextualizadas da ciência, mostrando uma ciência humanizada, plural e diretamente ligada a fatores culturais, sociais e econômicos do período histórico estudado.

A história da Química como ciência particular, por exemplo, remonta de épocas muito antigas, cujos mistérios alquímicos são constantemente revisitados em filmes, jogos de tabuleiro e videogames, despertando o interesse pelo assunto em alunos mais jovens.

[...]

Assumimos que, ao fazer abordagens históricas, o professor deve entender que suas concepções influenciarão na interpretação e na apresentação de certos aspectos do período pesquisado; neste sentido, é essencial para uma abordagem de HFC que o professor se prepare sobre o período histórico que irá estudar e sobre os conceitos atuais que pretende trabalhar, tomando especial cuidado com as fontes e as traduções que serão utilizadas. Por isto, dedicamos a seção final deste trabalho para discutir as possíveis articulações e a criação de interfaces entre os conhecimentos desse episódio histórico da Química e seu ensino.

Na tentativa de extrair da história das Ciências um problema significativo que permita colocar o aluno em condições de abordá-lo e entendê-lo, promovendo a execução de uma situação de aprendizagem que estimule a vivência e a construção de conhecimentos científicos a partir da interface entre a história e filosofia da ciência e o ensino de Química.

[...]

PRADO, L.; CARNEIRO, M. C. *O episódio histórico das teorias do flogisto e calórico*: criando interfaces entre a História e Filosofia da Ciência e o Ensino de Química na busca pela humanização do trabalho científico. Disponível em: https://revistas.pucsp.br/index.php/hcensino/article/view/36818. Acesso em: 7 jun. 2022.

Orientações didáticas

Dando continuidade à abordagem do tópico, peça aos estudantes que se revezem na leitura dos resultados e das conclusões construídas com base nos experimentos realizados por Lavoisier.

Destaque que os resultados obtidos na realização desse experimento contribuíram para que Lavoisier comprovasse suas teorias relacionadas à conservação das massas das substâncias durante uma reação química em sistema fechado. Sugerimos que anote no quadro de giz a equação química que representa a reação entre o mercúrio metálico e o oxigênio. Peça aos estudantes que indiquem quais são os reagentes e qual é o produto. Depois, faça o balanceamento, passo a passo, inserindo os coeficientes conforme indicado no Livro do Estudante. Caso considere pertinente, anote no quadro de giz outros exemplos e oriente a turma a realizar o balanceamento.

#Para interpretar

As atividades deste boxe oferecem aos estudantes a oportunidade de desenvolver as habilidades de leitura, uma vez que demandam processos de compreensão e inferência de textos. Após a leitura do texto, peça aos estudantes que respondam às atividades no caderno e, depois, disponibilize um período para leitura e discussão sobre as respostas. Caso os estudantes apresentem dificuldade em respondê-las, você pode indicar alguns vídeos sobre o experimento realizado por Lavoisier.

A realização dessas atividades favorece o desenvolvimento da competência geral 2 e da competência específica 2 de Ciências da Natureza.

1 e **2.** As respostas às questões propostas estão no Livro do Estudante.

Após aquecer o conteúdo da retorta por um certo tempo, foram feitas as seguintes observações:

1. Aparecimento de um sólido avermelhado nas paredes da retorta.
2. Diminuição do nível de mercúrio contido inicialmente na retorta.
3. Aumento do nível do mercúrio da cuba.
4. Ao comparar a massa do sistema antes e após o aquecimento, Lavoisier verificou que não houve alteração nos valores.

Lavoisier concluiu que parte do ar do sistema havia sido consumido durante o experimento devido à observação do aumento do nível de mercúrio da cuba de vidro. Por que isso ocorreu?

Como parte do gás oxigênio contido no ar reagiu com o mercúrio, o volume de gases presentes no sistema diminuiu, e o espaço foi preenchido pelo mercúrio líquido, sob a redoma.

O cuidado na montagem do experimento, evitando perda de substâncias para o ambiente, permitiu que a lei da conservação das massas fosse verificada de forma confiável. Em experimentos realizados em sistemas abertos, em que ocorre a liberação de gases durante a reação química, por exemplo, a constatação da lei deixa de ser válida.

#Para interpretar

NÃO ESCREVA NO LIVRO

1 **Baseando-se na descrição dos resultados do experimento de Lavoisier, como ele percebeu que uma transformação química havia ocorrido?**

1. Pela mudança de cor e da formação de precipitado.

2 **Que substância presente no ar se combinou com o mercúrio para formar o produto observado?**

2. Uma vez que o produto formado foi o HgO, o componente do ar que reagiu foi o gás oxigênio.

A transformação química observada por Lavoisier ocorreu por meio da reação entre o mercúrio metálico (Hg) presente na retorta e o gás oxigênio (O_2) presente no ar. Conhecendo os símbolos dos elementos e as fórmulas químicas das substâncias envolvidas, podemos representar essa reação com uma equação química:

$$Hg + O_2 \rightarrow HgO$$

Para a massa do sistema se manter constante, como observado por Lavoisier, a quantidade total de átomos não pode mudar. Por esse motivo, devemos verificar se a equação informa se as quantidades de átomos de cada elemento químico presentes antes e após a reação se mantiveram iguais.

Analisando a equação que escrevemos, observamos que há um átomo de mercúrio e dois átomos de oxigênio nos reagentes, enquanto há um átomo de mercúrio e um átomo de oxigênio no produto. Como não podemos alterar a fórmula do produto, que deverá continuar sendo HgO, o que é permitido fazer para igualar a quantidade de átomos de oxigênio no produto e no reagente é acrescentar o número 2 ao lado esquerdo da fórmula do produto. Chamamos esse número de **coeficiente**. Fazendo isso, a equação ficará:

$$Hg + O_2 \rightarrow 2\,HgO$$

Reprodução do Livro do Estudante em tamanho reduzido.

#Para ler

A evolução da balança analítica

[...]

Uma das maiores dificuldades que os alunos do ensino médio e fundamental enfrentam ao estudar as reações químicas está relacionada à grande extensão e generalidade do conceito de massa. Essa dificuldade faz com que os alunos, muitas vezes, não reconheçam o papel dos reagentes e produtos[1]. Nessa perspectiva, cabe relembrar o Princípio da Conservação da Matéria[2-4], onde a figura de Antoine Laurent Lavoisier (1743-1794), em sua obra *Traité Elementaire de Chimie* (1789), tem importância central. Embora não tenha sido o primeiro a enunciá-lo, e nem o tenha fundamentado experimentalmente, Lavoisier supôs que esse princípio fosse válido para qualquer reação química em um sistema fechado, utilizando-o como ferramenta para a investigação e a teoria química[4]. De fato, desde antes de Lavoisier (na chamada época pré-clássica da química), já se tinha atenção para as proporções de massa em processos químicos, ainda

Com essa ação, o número de átomos de oxigênio é igualado, mas o número de átomos de mercúrio passa a ser diferente, pois o coeficiente adicionado é válido para todos os átomos presentes na fórmula à sua direita. Para igualar a quantidade de átomos de mercúrio, devemos adicionar um coeficiente 2 à frente da fórmula que contém mercúrio no reagente.

$$2\ Hg + O_2 \rightarrow 2\ HgO$$

Recontando os átomos, ficamos com quantidades iguais de cada elemento nos dois lados da equação. Assim, podemos dizer que a equação está **equilibrada** ou **balanceada**. Qualquer cálculo envolvendo outras unidades de medida para expressar quantidades, como massa, depende da equação química balanceada.

Agora que temos a equação química balanceada, podemos acrescentar as massas de cada substância no nosso esquema para, assim, entender um pouco melhor a lei de conservação das massas. Para obtermos as informações necessárias, teremos de consultar a tabela periódica dos elementos. Observe, a seguir, algumas dicas de como fazer isso.

Por mais simples que seja, uma tabela periódica básica costuma conter os símbolos dos elementos, acompanhados por dois números. Um deles é o **número atômico**, representado pela letra **Z**, que corresponde ao número de prótons contidos no núcleo do átomo. Ele serve para distinguir um elemento químico do outro. Mas o segundo número é o que queremos agora. Trata-se da **massa atômica**, que, de maneira simplificada, envolve a quantidade total de prótons e nêutrons contidos no núcleo. As posições entre esses dois números podem variar de uma tabela periódica para outra. Caso tenha dúvidas, lembre-se de que **a massa é sempre o número maior**.

As siglas da maioria dos elementos químicos vêm das iniciais de seus nomes, em latim. Siglas com duas letras têm sempre a primeira letra maiúscula e a segunda letra minúscula.

Para calcular as massas dos elementos presentes no experimento de Lavoisier, temos de procurar as massas do mercúrio e do oxigênio. Para calcular a massa de uma substância, basta somar as massas de todos os elementos presentes. Assim, podemos visualizar a lei de Lavoisier da seguinte maneira:

$$\underbrace{2\ Hg}_{(2 \cdot 201\ g)} + \underbrace{O_2}_{(2 \cdot 16)} \rightarrow \underbrace{2\ HgO}_{[2 \cdot (201\ g + 16\ g)}$$

$$402\ g + 32\ g \rightarrow 434\ g$$

$$\underbrace{434\ g}_{\text{Massa total dos reagentes}} \qquad \underbrace{434\ g}_{\text{Massa total dos produtos}}$$

Reprodução do Livro do Estudante em tamanho reduzido.

Orientações didáticas

Apresente as informações contidas nos símbolos dos elementos químicos e as representações do número atômico e da massa atômica. Caso considere pertinente, reproduza novamente a equação química da reação entre o mercúrio metálico e o gás oxigênio no quadro de giz e realize com a turma, passo a passo, o cálculo de massa das substâncias. Utilize os mesmos exemplos explorados para o balanceamento e peça aos estudantes que calculem a massa dos reagentes e do produto. Na sequência, com base nas informações, e após realizar o balanceamento das equações propostas, oriente-os a fazer os cálculos de massa das substâncias.

Para finalizar a abordagem do tópico, ressalte a importância dos estudos de Lavoisier para o desenvolvimento da ciência. Caso considere interessante, peça aos estudantes que compartilhem os pontos que considerarem mais curiosos, importantes ou que mais lhes chamaram a atenção ao longo da abordagem.

#Para saber

Antoine Lavoisier, o Pai da Química Moderna

O vídeo, com cerca de 3 minutos de duração, apresenta um resumo da vida de Lavoisier e das teorias propostas por ele.

Disponível em: https://www.youtube.com/watch?v=myhZ48W2fps. Acesso em: 7 jun. 2022.

que de maneira empírica e em casos isolados como, por exemplo, nos trabalhos de Johann Baptist van Helmont (1577-1644) com a prata[2].

John Dalton (1766-1844)[5] correlacionou a ideia da existência de elementos, que não podem ser decompostos quimicamente, à ideia dos átomos, que são indivisíveis. Ele afirmou que cada espécie de átomo deve ter suas propriedades específicas em particular, uma massa característica. Essas ideias podiam ser usadas para interpretar fatos químicos em uma base quantitativa. Sua teoria atômica justificava as leis da conservação da massa, das proporções definidas e das proporções múltiplas, estas últimas propostas no início do século XIX.

Estas leis relacionam as massas das substâncias que participam de uma reação química e fizeram a Química ingressar em uma nova era, pois as teorias passaram a ser fundamentadas em experiências, em que a balança desempenhava papel primordial.

[...]

AFONSO, J. C.; SILVA, R. M da. A evolução da balança analítica. *Quim. Nova*, v. 27, n. 6, 2004. Disponível em: https://www.scielo.br/j/qn/a/HBdsFxpD4G7RsYKZymbsf9d/?lang=pt. Acesso em: 7 jun. 2022.

Orientações didáticas

Ao abordar a lei de Proust, sugerimos que, inicialmente, você peça aos estudantes que pesquisem informações sobre o químico francês Joseph Louis Proust, levantando o contexto histórico e as descobertas desse cientista. Após a pesquisa, oriente-os para que, em grupos, elaborem um *podcast* para ser compartilhado com os colegas em uma roda de conversa na sala de aula. O *podcast* também pode ser disponibilizado nas mídias sociais da escola.

Neste tópico, é apresentada a lei das proporções definidas, proposta por Proust. Sugerimos que você explique as contribuições de Proust para as previsões sobre as quantidades de substâncias participantes em determinada reação química. Esclareça como a lei das proporções definidas complementa a lei da conservação das massas, e destaque que essa lei pode ser aplicada quando é necessário dobrar as massas das substâncias que serão utilizadas em uma reação. É importante explicar também que nem sempre é possível controlar essas reações de modo a se obter 100% de rendimento. Sugerimos que você reproduza no quadro de giz o exemplo do Livro do Estudante, explicando, passo a passo, as proporções apresentadas. Caso considere pertinente, apresente outros exemplos, ocultando o valor de algum reagente ou do produto, e solicite também que os estudantes indiquem a redução à metade e o aumento ao dobro.

#Para refletir

1. A resposta à questão está no Livro do Estudante. A atividade proposta neste boxe favorece o desenvolvimento da competência geral 2 e da competência específica 2 de Ciências da Natureza. Sugerimos que você peça aos estudantes que realizem o cálculo proposto no exemplo e, caso tenham dificuldade na montagem da regra de três, é possível retomar brevemente a aplicação do cálculo.

Lei das proporções definidas (lei de Proust)

Em 1799, outros experimentos ajudaram a explicar mais detalhadamente como os compostos reagem entre si. Conterrâneo de Lavoisier, Joseph Louis Proust (1754-1826) foi um químico e farmacêutico francês que se interessou em contribuir com as previsões sobre as quantidades das substâncias participantes de uma reação química. Com base em seus estudos, ele propôs a **lei das proporções definidas**, que pode ser enunciada da seguinte forma:

> **Quando compostos reagem entre si, formando outros compostos, isso ocorre obedecendo a uma relação fixa, constante e invariável entre suas massas.**

Essa lei é comumente aplicada quando, por exemplo, é preciso dobrar uma receita. Se quisermos obter o dobro da quantidade original de uma receita, já sabemos que o aumento na quantidade de um ingrediente implica aumentar, proporcionalmente, as quantidades dos outros. É claro que, com receitas, nem sempre esses ajustes funcionam à risca, pois algumas acabam virando misturas complexas. Mas, com reações químicas mais simples, é possível controlar as quantidades de produtos regulando proporcionalmente os reagentes.

Vamos retomar o exemplo retirado do experimento de Lavoisier para ilustrar a lei proposta por Proust.

	$2\ Hg + O_2 \rightarrow 2\ HgO$
Quantidades originais	402 g + 32 g → 434 g
Redução à metade	201 g + 16 g → 217 g
Aumento ao dobro	804 g + 64 g → 868 g

Suponha, agora, que alguém vai repetir o experimento de Lavoisier partindo de 10 g de mercúrio metálico. Qual seria a massa de gás oxigênio consumida nessa reação? Para responder a essa questão, vamos analisar, com base na equação, as massas desses dois reagentes:

	$2\ Hg + O_2$
Quantidades originais	402 g —— 32 g
Outras quantidades	10 g —— x

x = 0,80 g de O_2 consumido na reação

#Para refletir

1. Aplicando a lei de Lavoisier: 10 g de Hg + 0,80 g de O_2 = 10,80 g de HgO.

1 No exemplo que acabamos de discutir, qual é a massa de HgO prevista que será formada na reação?

NÃO ESCREVA NO LIVRO

Reprodução do Livro do Estudante em tamanho reduzido.

#Para ler

Chegou a hora de inserir o *podcast* na sua aula

[...]

O *podcast* é uma ferramenta que resgata a **oralidade**, inspira **criatividade** e é usado cada vez mais por professores e alunos. O fato de estar ganhando mais ouvintes todos os dias e alcançar também as escolas tem a ver com seu potencial para desenvolver **habilidades cognitivas**, além de acrescentar muito ao **fazer pedagógico**.

[...]

Os alunos, em diferentes graus, estão conectados pelas redes sociais. Em seu dia a dia, eles já fazem uso de serviços de *streaming* de áudio e acessam *podcasts*. [...] o professor pode aproveitar essa aceitação para desenvolver atividades e projetos que utilizem *podcasts*, com intencionalidade e de maneira significativa.

Entre os benefícios do trabalho está a possibilidade de fazer os alunos não serem apenas consumidores, mas também produtores. Ao produzir *podcasts*, eles vão trabalhar a oralidade, [a] escuta ativa, a percepção do ambiente e desenvolver sua maneira de se expressar.

[...]

O áudio é uma oportunidade de exercitar a fantasia, imaginação, criatividade, sem a necessidade de se expor visualmente. Para muitos alunos, isso faz toda a diferença e dá ao professor uma ferramenta para cativar os alunos e incentivá-los a dar os primeiros passos em ações de pertencimento.

[...]

GAROFALO, D. Chegou a hora de inserir o *podcast* na sua aula. *Nova Escola*, 24 set. 2019. Disponível em: https://novaescola.org.br/conteudo/18378/chegou-a-hora-de-inserir-o-podcast-na-sua-aula. Acesso em: 7 jun. 2022.

As conclusões de Proust, envolvendo proporções nas combinações químicas, também se estenderam para as relações de massa entre os átomos dos elementos presentes em uma fórmula química.

Toda substância apresenta uma proporção em massa constante entre os átomos dos elementos químicos presentes em sua composição.

Basicamente, é por meio da lei das proporções definidas que podem ser calculadas as quantidades dos compostos que são empregados em uma reação química. Os laboratórios e as indústrias aplicam esses princípios teóricos há muito tempo e várias outras situações são consideradas para controlar, o máximo possível, os fatores que influenciam as reações químicas. Assim, os processos químicos são melhorados com o tempo, e isso se traduz em técnicas mais eficientes e, portanto, mais vantajosas.

Lei das proporções múltiplas (lei de Dalton)

Antes de propor um modelo atômico, o químico britânico John Dalton (1766-1844) tentava explicar como ocorria a combinação dos elementos químicos na formação das substâncias. Era necessário buscar outras fontes de conhecimento para resolver essa questão, indo além dos conceitos alquimistas ainda vigentes na época.

Foi essa busca por respostas que fez com que Dalton apresentasse alguns postulados que se aplicavam às combinações químicas. Alguns desses postulados resultaram em uma lei ponderal, em 1801. Concordando com Lavoisier, Dalton afirmou que, em uma reação química, os átomos não são criados nem destruídos, mas apenas se recombinam, formando novos compostos. Além disso, ele afirmou que o arranjo entre os átomos de elementos químicos diferentes ocorre em uma proporção de números inteiros em uma substância. De certa forma, a transposição dessa frase, em termos de massa, tornou-se o enunciado da **lei das proporções múltiplas**.

Na formação de substâncias diferentes, a partir dos mesmos elementos químicos, há a combinação de uma massa fixa de um dos elementos com múltiplos inteiros da massa do outro elemento.

Ao investigar a composição de gases formados quando átomos dos elementos químicos nitrogênio e oxigênio se combinam entre si, Dalton se deparou com diferentes possibilidades de arranjo entre eles, mas percebeu algo em comum. Observe o quadro.

Composto	Nitrogênio	Oxigênio
N_2O	28 g	16 g
N_2O_2	28 g	32 g
N_2O_3	28 g	48 g
N_2O_4	28 g	64 g
N_2O_5	28 g	80 g

Analisando as variações da massa de oxigênio nas substâncias, uma vez que a massa do nitrogênio foi fixada, podemos perceber que, dividindo a massa de oxigênio em cada composto (16 g, 32 g, 48 g, 64 g e 80 g) por 16 g, que é a massa de oxigênio no composto que tem apenas um átomo desse elemento, os resultados correspondem ao número de átomos de oxigênio em cada formulação, ou seja, aos índices 1, 2, 3, 4 e 5.

Não costumamos utilizar a lei das proporções múltiplas diretamente quando estamos realizando cálculos de previsão das massas das substâncias nas reações químicas, mas mencionamos essa teoria aqui para fundamentar sua importância para a validação das leis de Lavoisier e de Proust.

Reprodução do Livro do Estudante em tamanho reduzido.

#Para saber

Tudo se transforma, Substâncias Químicas, História dos elementos químicos

O vídeo, com quase 9 minutos de duração, apresenta uma breve explicação sobre a importância dos estudos realizados por Lavoisier e Proust e sobre a organização da tabela periódica.

Disponível em: https://www.youtube.com/watch?v=gzAy4rQ3jNo. Acesso em: 29 maio 2022.

Orientações didáticas

Para finalizar a abordagem do tópico *Lei das proporções definidas (lei de Proust)*, sugerimos que você peça aos estudantes que leiam o texto do boxe no início da página, e comentem o que entenderam, com base no que já foi estudado. Caso perceba que eles apresentam dificuldade na compreensão do parágrafo, retome os conceitos gerais e os exemplos apresentados no tópico, relacionando-os ao parágrafo lido.

Se julgar pertinente, solicite aos estudantes que realizem uma pesquisa sobre as áreas que utilizam os princípios da lei das proporções definidas – por exemplo, em laboratórios e indústrias, para controlar os fatores que podem influenciar determinada reação química. Em seguida, peça a eles que apresentem os resultados das pesquisas para toda a turma em uma roda de conversa.

Ao iniciar a abordagem do tópico *Lei das proporções múltiplas (lei de Dalton)*, sugerimos que, assim como nos tópicos anteriores, você proponha a realização de uma atividade que proporcione o estudo do contexto histórico biográfico de Dalton. As pesquisas podem ser apresentadas de diversas formas, como por meio da elaboração de texto, infográficos, *podcasts*, entre outros.

Partindo para o estudo da pesquisa de Dalton, sugerimos pedir aos estudantes que leiam o enunciado da lei das proporções múltiplas e comentem o que entenderam com base na leitura. Depois, ressalte que os estudos realizados por Dalton buscavam descrever como ocorre a combinação dos elementos químicos durante a formação de determinada substância, e que suas propostas resultaram na lei das proporções múltiplas, a qual está relacionada aos diferentes rearranjos dos átomos em uma determinada reação química. É importante que eles compreendam que a lei de Dalton contribuiu com as leis propostas por Lavoisier e Proust, de modo que se complementam.

Orientações didáticas

O grupo de atividades apresentado nesta página permite ampliar e desenvolver a habilidade EF09CI02, a competência geral 2 e a competência específica 2 de Ciências da Natureza.

Sugerimos que selecione alguns exercícios para que sejam feitos em sala de aula e outros em casa com a ajuda da família ou de responsável. Separe alguns minutos de sua próxima aula para realizar a correção dos exercícios e verificar possíveis defasagens de conteúdo. Caso julgue necessário, faça uma revisão dos conteúdos abordados até o momento.

#Atividades

1. a, **b)** As respostas às questões propostas estão no Livro do Estudante.

c) Resposta pessoal. A resposta deste item depende do valor escolhido pelos estudantes. Sugerimos que peça a alguns deles que compartilhem a resposta no quadro de giz, demonstrando as diversas possibilidades de resposta.

2. a, **b)** As respostas às questões propostas estão no Livro do Estudante.

c) Resposta pessoal. Uma proposta relativamente simples é a queima de uma vela dentro de uma redoma, sobre o prato de uma balança. O oxigênio é o reagente que limita a reação, demonstrando, dessa forma, que a massa do conjunto não varia durante do processo. O experimento pode continuar a ser observado até que a vela se apague.

3. a)

$CaCO_3$	$\rightleftharpoons$	CaO	+	CO_2
100 g		56 g		44 g

massas originais

b, **c)** As respostas às questões propostas estão no Livro do Estudante.

#ATIVIDADES

NÃO ESCREVA NO LIVRO

1. Vamos aplicar as leis ponderais para a reação de obtenção da água a partir dos gases hidrogênio e oxigênio?

$$2\,H_2 + O_2 \rightarrow 2\,H_2O$$

Faça, no caderno, um quadro com as proporções, em massa, das substâncias que participam dessa reação. Procure as massas atômicas do hidrogênio (H) e do oxigênio (O) na tabela periódica. Utilize a equação como guia para esse quadro.

	$2\,H_2$	+	O_2	→	$2\,H_2O$
Massas originais	☺☺☺		☺☺☺		☺☺☺
Massas	5 g		☺☺☺		☺☺☺
Massas	☺☺☺		☺☺☺		☺☺☺

a) Qual seria a massa de gás oxigênio necessária para reagir completamente com 5 g de gás hidrogênio? Calcule e coloque o resultado no quadro. **1. a)** 40 g de O_2.

b) Qual seria a massa máxima de água esperada no item **a**? **1. b)** 45 g de H_2O.

c) Escolha um valor para a massa de um dos reagentes ou para o produto e calcule as massas dos demais.

2. Lavoisier dedicou muito de seu tempo à investigação do fenômeno da combustão, ou seja, dos fatores que determinam como ocorre a queima de um material. Ele concluiu que a queima de uma vela, por exemplo, só ocorre na presença de ar atmosférico.

Em um de seus experimentos, ele colocou uma vela acesa sobre uma chapa de cortiça, de modo que flutuasse em uma cuba com água (**1**). Ele cobriu a cuba e observou que, conforme a intensidade da chama da vela diminuía (**2**), até apagar, o nível da água dentro da redoma aumentava (**3**).

R2 Editorial/Arquivo da editora

1 2 3

Simulação do experimento de Lavoisier.

a) Qual é a explicação para o fato de a chama da vela ter se apagado com o passar do tempo? **2. a)** A quantidade de oxigênio contida no ar ficou limitada ao volume da redoma.

b) Por que o nível da água dentro da redoma subiu? **2. b)** Quando o oxigênio do ar foi consumido, o espaço ocupado por ele foi preenchido pela água que estava na cuba sob a redoma.

c) Sugira uma maneira de comprovar a lei de conservação das massas por meio de um experimento de queima de uma vela.

3. Uma reação química muito interessante, dos pontos de vista industrial e ambiental, é a seguinte:

$$CaCO_3 \rightleftarrows CaO + CO_2$$

O interesse vem do fato de ser uma reação química contendo três substâncias presentes em produtos comerciais de grande importância industrial. O $CaCO_3$ está presente no calcário, o CaO é conhecido como cal virgem, e o CO_2 é o gás carbônico. Quando aquecido, o calcário se decompõe e forma os dois produtos mencionados. A seta dupla significa que podemos ler essa equação tanto no sentido direto quanto no sentido inverso. Com o aumento da concentração de gases estufa na atmosfera, a reação inversa torna-se uma boa estratégia para remover o CO_2 do ar, já que ele ficaria fixado no calcário, que é sólido.

Consultando uma tabela periódica, encontre as massas dos elementos químicos presentes nas substâncias descritas na equação e responda às perguntas a seguir.

a) Qual é a massa de cada substância presente na reação de decomposição do calcário?

b) Qual seria a massa da cal virgem obtida por meio da decomposição de 500 g de calcário? **3. b)** 280 g de CaO.

c) Para fixar o CO_2 emitido em um processo industrial, um engenheiro projetou um filtro contendo CaO para ser acoplado à chaminé de uma fábrica. Sabendo que, por dia, são produzidos, em média, 250 kg de gás carbônico, qual seria a massa de CaO, em kg, necessária para reagir com essa taxa diária de CO_2? **3. c)** 318 kg de CaO.

Reprodução do Livro do Estudante em tamanho reduzido.

#Mural de ideias

Para finalizar o estudo desta unidade, vamos retomar os principais conceitos estudados até aqui?

3. A temperatura e a pressão às quais o material está submetido atuam sobre algumas mudanças de estado físico, como a ebulição. Conhecer esses aspectos ajuda a controlar as condições ideais para que essas mudanças ocorram, dependendo das necessidades e do interesse em questão.

#Para terminar

NÃO ESCREVA NO LIVRO

1. Que áreas do conhecimento podem ser beneficiadas com os estudos sobre a composição da matéria? **1.** Resposta pessoal. Podem ser citadas: Química e Engenharia ambiental, Ciência dos materiais, Medicina nuclear, Agronomia, entre várias outras.
2. Quais foram os reflexos positivos mais significativos dos avanços no estudo das radiações? **2.** Desenvolvimento de aparelhos de diagnóstico por imagem (radiológicos), tratamento de doenças com materiais radioativos, desenvolvimento de técnicas radiológicas de esterilização de alimentos, entre outros.
3. Quais são os principais fatores que influenciam a mudança de estado físico da matéria e qual é a importância de conhecê-los?
4. Como, de modo geral, as leis ponderais podem ser aplicadas à indústria? **4.** A indústria usa as leis ponderais para projetar as massas das substâncias utilizadas nos processos químicos.

Reprodução do Livro do Estudante em tamanho reduzido.

Orientações didáticas

Sugerimos que você retome brevemente com os estudantes os objetivos apresentados nesta unidade para verificar se houve alguma defasagem ou dificuldade de aprendizagem no decorrer do trabalho com o conteúdo.

Caso isso ocorra, faça uma breve revisão, apresentando os conteúdos que julgue mais pertinentes para o desenvolvimento deles. Você pode utilizar a seção *#Mural de ideias* como ferramenta para averiguar e sanar possíveis dúvidas dos estudantes.

#Mural de ideias

O *#Mural de ideias* apresenta as principais ideias trabalhadas na unidade. Inicialmente, sugerimos que solicite aos estudantes que leiam em voz alta o esquema e anotem no caderno uma frase ou palavras sobre o que eles compreenderam, e possíveis dúvidas.

Inicialmente, peça aos estudantes que expressem suas dúvidas e solicite que a turma contribua na resolução dessas dúvidas, tornando-os protagonistas na construção do conhecimento.

O *#Mural de ideias* também pode ser copiado no caderno ou utilizado como avaliação. Nesse caso, solicite aos estudantes que produzam um resumo, um esquema, um diagrama com texto e imagem ou um mapa conceitual impresso ou digital sobre um ou mais temas apresentados nos pequenos boxes.

#Para terminar

Este boxe tem o objetivo de estimular a interação entre os estudantes e a revisão de alguns pontos da unidade, permitindo que eles percebam a evolução dos conhecimentos adquiridos. Além disso, algumas atividades podem favorecer que eles comparem as concepções prévias com o que aprenderam nos estudos da unidade. Aproveite esse momento para pedir aos estudantes que retomem as questões do boxe *#Para iniciar.*

Você pode reservar um tempo para que eles respondam às atividades no caderno. Depois, peça que se organizem em grupos e comparem, oralmente, as respostas dadas, reformulando-as durante os debates. Atente aos estudantes que apresentarem dificuldade em responder às questões e retome os conteúdos que eles manifestarem maiores dificuldades.

Proporcione um ambiente em que eles se sintam confortáveis para se expressar. Outra opção é escrever algumas perguntas em tiras de papel e pedir que sorteiem e respondam em pequenos grupos ou com a turma toda, estimulando o debate.

1 e **2.** As respostas às questões propostas estão no Livro do Estudante.

3. A resposta à questão proposta está no Livro do Estudante. Caso identifique que os estudantes apresentam dúvidas sobre o tema, pode-se realizar uma atividade prática, a fim de que observem diversas situações de mudança de estado físico, permitindo que eles criem e testem hipóteses.

4. A resposta à questão proposta está no Livro do Estudante. Caso considere pertinente, peça aos estudantes que pesquisem, na internet ou em livros, as diversas aplicações das leis ponderais na indústria, destacando qual é utilizada para o processo apresentado. Depois, oriente-os a apresentar as informações aos colegas.

Unidade 3

#Foco na BNCC e nos TCT

Competências gerais
1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9 e 10.

Competências específicas de Ciências da Natureza
1, 2, 3, 4, 5, 6, 7 e 8.

Habilidades
EF09CI04, EF09CI05, EF09CI06 e EF09CI07.

Temas Contemporâneos Transversais
- Saúde
- Ciência e Tecnologia

Conceitos da Unidade

Elementos de uma onda, onda sonora, características dos sons, nível sonoro e eco, reflexão, refração e absorção da luz, luz e cores, espelhos e lentes, ondas mecânicas e eletromagnéticas, espectro eletromagnético, radiação ionizante e não ionizante.

Conteúdos procedimentais

- Debater com base em argumentos científicos.
- Relacionar conceitos e teorias científicas com fenômenos da natureza e/ou aplicações da ciência.
- Medir dados experimentais e relacioná-los com conceitos, fenômenos e/ou teorias.
- Comunicar evidências, argumentos e conceitos científicos.
- Identificar fenômenos ondulatórios.
- Relacionar luz e cor.

Conteúdos atitudinais

- Valorização do conhecimento sistematizado historicamente construído.
- Valorização da diversidade.
- Respeito nos debates de ideias e na argumentação.
- Compromisso com o conhecimento científico.
- Curiosidade pela natureza.
- Criticidade em relação à ciência, à tecnologia e à sociedade.

UNIDADE 3 ONDAS

Reprodução do Livro do Estudante em tamanho reduzido.

O rádio, o cinema, a televisão e, mais recentemente, a internet modificaram muito os sistemas de comunicação humana, em parte tendo em vista as diferentes formas de transmitir e receber sons e imagens. Você sabia que ambos, imagem e som, estão relacionados com ondas?

O ser humano busca conhecer e desenvolver o conhecimento científico sobre as ondas há muitos séculos. E essa história foi marcada por um experimento do cientista inglês Isaac Newton (1643-1727) que observou a luz passando por um prisma. Ele verificou que a luz branca pode ser decomposta em sete cores, de modo semelhante ao que ocorre quando observamos um arco-íris.

Nesta unidade, vamos conhecer o que Newton e outros cientistas investigaram sobre a luz e o som, cujas descobertas possibilitaram o desenvolvimento dos sistemas de comunicação atuais.

#FOCO NA BNCC

Competências gerais:
1, **2**, **3**, **4**, **5**, **6**, **7**, **8**, **9** e **10**.

Competências específicas:
1, **2**, **3**, **4**, **5**, **6**, **7** e **8**.

Habilidades:
EF09CI04, **EF09CI05**, **EF09CI06** e **EF09CI07**.

Reprodução do Livro do Estudante em tamanho reduzido.

Orientações didáticas

Nesta unidade, os estudantes terão contato com conteúdos relacionados à ondulatória, elementos principais de uma onda e aspectos da acústica, óptica geométrica, luz, formação de cores, aparelhos ópticos e a importância desses conhecimentos para a sociedade, eletromagnetismo, com a abordagem sobre ondas eletromagnéticas e suas aplicações. Por isso, sugerimos que estimule os estudantes a fazerem perguntas, analisarem tecnologias que envolvem ondas e investigarem o mundo ao redor deles por meio de reflexões baseadas na ciência.

Nesse contexto, espera-se favorecer o desenvolvimento das habilidades EF09CI04, EF09CI05, EF09CI06 e EF09CI07, que serão exploradas ao longo dos capítulos.

Para iniciar a abordagem da unidade, sugerimos a leitura conjunta do texto e a análise das figuras presentes na abertura e sua relação com o tema ondas.

Informe aos estudantes que a ilustração de abertura da unidade não tem caráter científico, mas lúdico. Ela tem como objetivo despertar o interesse dos estudantes.

Esperamos que, ao final desta unidade, os estudantes sejam capazes de compreender os conceitos científicos e as tecnologias relacionados às ondas e associá-los às dimensões da sociedade e aos aspectos da saúde, entendendo também os processos de construção da ciência. Esse conjunto de saberes está relacionado com o processo de alfabetização científica dos estudantes.

Caso a turma tenha estudantes com deficiência auditiva ou visual, as indicações a seguir subsidiam o trabalho docente para a unidade.

#Para saber

Ensinando sons através das vibrações
Projeto para o ensino de Física, utiliza cordas vibrantes, tanque de ondas e *softwares* de acesso livre para o ensino de ondas e sons para estudantes com deficiências auditivas.
Disponível em: https://pantheon.ufrj.br/bitstream/11422/8029/1/HFMedeiros.pdf.

Dificuldades e alternativas encontradas por licenciandos para o planejamento de atividades de ensino de Óptica para alunos com deficiência visual
Artigo com relatos de estratégias metodológicas para o ensino de Óptica para turmas com estudantes com deficiência visual.
Disponível em: https://www.scielo.br/pdf/rbef/v29n1/a18v29n1.pdf.

Atividades para o ensino de ondas sonoras aos alunos surdos: uma proposta inclusiva
Propostas para explorar os sentidos de tato e visão de estudantes com deficiência auditiva no ensino de Ciências e Física.
Disponível em: https://periodicos.uff.br/revistaleph/article/view/39256.
Acesso em: 4 jun. 2022.

Orientações didáticas

Neste capítulo, abordaremos os elementos principais de uma onda e suas características. Definiremos onda sonora ou som, diferenciando som, infrassom e ultrassom a partir da definição da grandeza frequência. Nesse contexto, discutiremos a poluição sonora nas cidades e os impactos que isso pode ocasionar, bem como alternativas para a solução desse problema contemporâneo. Ao longo de toda a discussão, também serão exploradas aplicações das ondas, especialmente as sonoras, tanto na natureza quanto em tecnologias do cotidiano. Nesse contexto, mobilizamos o desenvolvimento da habilidade EF09CI05, principalmente com relação aos mecanismos de transmissão e recepção de som nos sistemas de comunicação humana. No estudo das aplicações da ultrassonografia também se mobiliza a habilidade EF09CI07.

A abertura do capítulo é inspirada no trabalho científico "Práticas de ensino de Ciências na interlocução entre a abordagem CTS e a perspectiva freireana", de Márcia Cristina Soares de Moura Victorino, disponível em: https://app.uff.br/riuff/handle/1/22965 (acesso em: 16 jun. 2022). Uma sugestão para introduzir o conteúdo e discutir a influência dos sons sobre a saúde mental e física é reproduzir sons da natureza, que tendem a despertar sensações agradáveis e ruídos desagradáveis do trânsito de grandes cidades. Dois exemplos estão em: https://youtu.be/AHsjOpNXnwo e https://youtu.be/DaQmk51yec4 (acesso em: 7 jun. 2022). Após a reprodução dos sons, os estudantes podem relatar as sensações deles e discutir a poluição sonora na rua, no bairro ou no município em que residem.

Toda essa discussão inicial propicia o levantamento de concepções sobre os conceitos de som e suas aplicações.

#Para iniciar

Este boxe tem o objetivo de auxiliá-lo(a) na identificação dos conhecimentos prévios, das habilidades, das atitudes e dos valores dos estudantes. Por isso, sugerimos que eles realizem o registro de suas respostas iniciais no caderno, a fim de que possam ser retomadas e revistas no final do capítulo. Isso contribuirá para que se conscientizem do desenvolvimento de suas aprendizagens e da construção do seu conhecimento.

CAPÍTULO 9

Som

Objetivos do capítulo

- Identificar elementos de uma onda.
- Debater a poluição sonora.
- Diferenciar infrassons e ultrassons.
- Reconhecer aplicações das ondas sonoras.

Na BNCC

Habilidades: EF09CI05 e EF09CI07.

André Dib/Pulsar Imagens

Paisagem do Cerrado no morro das Araras, em Portelândia (GO), 2021.

Imagine-se no meio da natureza, como nessa imagem do Cerrado. Quais sons você escutaria? O vento? Os pássaros? Outros animais? A correnteza de um curso de água distante? Agora, imagine-se em um cruzamento movimentado de uma grande cidade brasileira, como Salvador, Belo Horizonte ou Manaus. Quais sons você estaria ouvindo? Trânsito? Buzinas? Sirenes? Barulho de obras?

Se possível, não fique só na imaginação. Procure na internet por áudios que reproduzem sons da natureza e sons da cidade. Ouça os áudios e tente identificar diferenças entre esses sons.

NÃO ESCREVA NO LIVRO

#Para iniciar

- Quais sensações você associa aos sons da natureza?
- Quais sensações você associa aos sons de uma grande cidade?
- Qual dessas opções de som você acha mais agradável? Por quê?

Respostas pessoais para mobilização dos conhecimentos prévios dos estudantes. Consulte as Orientações didáticas.

Reprodução do Livro do Estudante em tamanho reduzido.

Sugestões de respostas e comentários às questões propostas:

- Resposta pessoal. Incentive os estudantes a compartilharem suas sensações sobre sons da natureza. Se possível, peça um momento de silêncio em sala e toque sons gravados da natureza, como do vento nas árvores, da água de uma cachoeira, das ondas do mar, de pássaros, etc.
- Resposta pessoal. Se a escola se localizar em uma rua com intenso fluxo de pessoas e carros e for possível, peça aos estudantes que se mantenham em silêncio e imóveis por um momento para ouvir os sons da cidade para responderem ao questionamento. Outra alternativa é reproduzir sons gravados dos barulhos de uma cidade.
- Resposta pessoal. Estimule os estudantes a expor suas opiniões e ouvir as dos colegas, respeitando o momento de fala de cada estudante.

O que é uma onda?

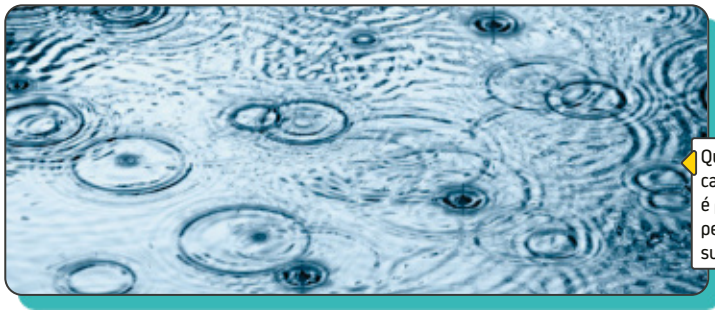
Na abertura deste capítulo vimos a diferença de sons presentes na natureza e em grandes centros urbanos. Esses sons podem impactar nossa saúde mental e física: por exemplo, nos deixar mais relaxados ou mais irritados, causar dor de cabeça ou mesmo propagar a audição de zumbidos permanentes.

Kraken Images.com/Shutterstock

As obras da construção civil constituem atividades que provocam sons capazes de prejudicar a audição dos trabalhadores. Por isso, é importante que sejam usados equipamentos de proteção, por exemplo, abafadores de som.

Para entendermos melhor as diferenças entre o som da natureza e o de grandes cidades e quais problemas de saúde esses sons podem causar, precisamos investigar melhor o que é som. Em um primeiro momento, podemos afirmar que o som tem relação com as ondas sonoras. Mas, diante disso, surge uma questão: O que é uma onda?

Quando a chuva cai em uma poça ou em um lago, vemos alguns círculos na superfície da água cada vez que uma gota cai. A queda da gota perturba a superfície do lago ou da poça. O que observamos, nesse caso, são justamente as perturbações se espalhando pela superfície da água, como na imagem a seguir.



Mr.Twister/Shutterstock

Quando uma gota de chuva cai na superfície de uma poça, é possível observar uma perturbação se espalhando pela superfície da água.

As perturbações que se espalham, isto é, que se propagam pelo espaço são o que chamamos de **onda**. As gotas de chuva estão provocando ondas na água da poça. Essas ondas têm o formato de círculos, que vão se afastando, pouco a pouco, do ponto central onde a gota caiu.

Vamos investigar mais as ondas com um experimento.

Reprodução do Livro do Estudante em tamanho reduzido.

Orientações didáticas

Para iniciar, sugerimos que peça aos estudantes que analisem a imagem do trabalhador tapando os ouvidos e questione-os sobre os motivos que podem tê-lo levado a fazer isso. Verifique se a região na qual os estudantes moram é ruidosa ou não, se já conviveram com obra em casa ou perto de casa e peça que contem aos colegas sobre os ruídos gerados nessas situações. Por outro lado, caso existam estudantes que morem em regiões mais silenciosas, peça que contem aos colegas sobre os ruídos durante o dia e durante a noite.

Depois, comente que esses barulhos estão relacionados ao conceito de onda e apresente a primeira noção de onda a partir das gotas caindo em uma poça de água na imagem apresentada.

Outra sugestão é pedir que anotem no caderno pelo menos três perguntas relacionadas ao tema que eles gostariam que fossem respondidas até o final desta unidade. Em seguida, eles podem compartilhar em duplas ou grupos as perguntas e revisitá-las ao final da unidade, para que reflitam sobre as respostas.

Para aprofundar a discussão inicial, sugerimos que questione os estudantes sobre outros tipos de ondas que eles possam conhecer. É provável que eles citem as "ondas do mar", por exemplo. Caso isso aconteça, explique que as ondas do mar não são ondas conforme a definição física desse conceito, mas também apresentam alguns elementos de ondas, como estudaremos neste capítulo. Também pode ser que os estudantes citem a luz. Nesse caso, explique que de fato a luz pode ser considerada um tipo de onda, mas de natureza diferente das que estudaremos neste capítulo. Comente que estudaremos mais sobre a luz em capítulos posteriores.

Orientações didáticas

A atividade prática da seção *#Experimentar* recorre a abordagens próprias da ciência, como o processo de investigação da formação das ondas e a análise crítica dos resultados observados na experimentação, de modo que mobiliza o desenvolvimento da competência geral 2. A atividade também propicia aos estudantes o contato com processos, práticas e procedimentos de investigação científica para entender o fenômeno, propiciando o desenvolvimento da competência específica 2 de Ciências da Natureza.

Sugerimos que o experimento seja feito em ambiente fechado onde não haja ventiladores ligados, por exemplo, que possam deslocar os objetos na horizontal, para evitar interferências externas. Oriente os estudantes a terem cuidado para não soprar com a respiração os materiais na água durante a execução do experimento.

A atividade prática foi inspirada no trabalho de Márcia Cristina Soares de Moura Vitorino, que pode ser conferido no boxe *#Para saber +*.

#Para saber +

Práticas de ensino de Ciências na interlocução entre a abordagem CTS e a perspectiva freireana

A pesquisa, do campo de ensino de Ciências da Natureza, apresenta a proposta e a análise de quatro sequências didáticas para o Ensino Fundamental, uma delas sobre ondas. Disponível em: https://app.uff.br/riuff/handle/1/22965. Acesso em: 4 jun. 2022.

#Experimentar

Sugestões de respostas e comentários às questões propostas no item Conclusão:

1 e **2.** As respostas às questões propostas estão no Livro do Estudante.

3. A resposta à questão proposta está no Livro do Estudante. Esse questionamento é essencial no entendimento do conceito de onda. Sugerimos que deixe os estudantes concluírem sozinhos, com base no experimento, que as ondas não estão transportando o material que está na água, mas apenas movendo-o verticalmente e talvez com algum movimento pequeno de "vaivém" na horizontal.

#Experimentar

ATENÇÃO! Realize esta atividade apenas com a supervisão de um adulto.

Nesta atividade, vamos investigar uma propriedade relacionada com as ondas.

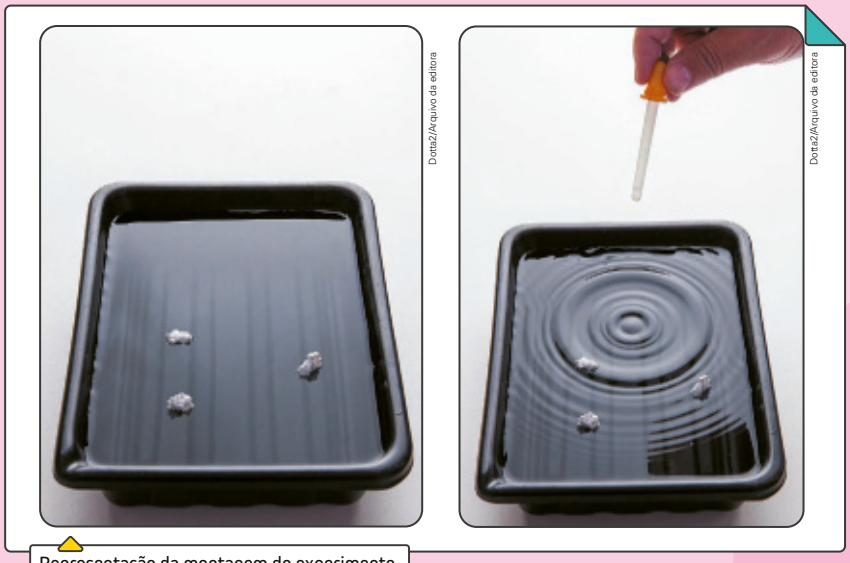
Material

- Água.
- Bacia.
- Conta-gotas.
- Pequenos pedaços de isopor ou de rolha.

Como fazer

Encha mais da metade da bacia com água. Cuidado para que a água não transborde. Espalhe os pedaços de isopor (ou de rolha) sobre a água. Com o conta-gotas, pingue algumas gotas de água perto de um pedaço de isopor, mas não em cima dele.

Você pode fazer testes com o conta-gotas em várias alturas, buscando causar ondas circulares, como as mostradas na imagem da página anterior.



Dotta2/Acervo da editora

Representação da montagem do experimento.

Conclusão

NÃO ESCREVA NO LIVRO

1. O que causou a formação de ondas na superfície da água?
2. O que acontece com os pedaços de isopor quando as ondas passam por eles?
3. Uma característica das ondas é que elas transportam energia, mas não transportam matéria. Como o experimento realizado pode contribuir para a observação dessa propriedade?

1. A queda da gota perturbou a superfície da água.

2. Eles se movimentam para cima e para baixo, sem se moverem horizontalmente em relação à superfície da água.

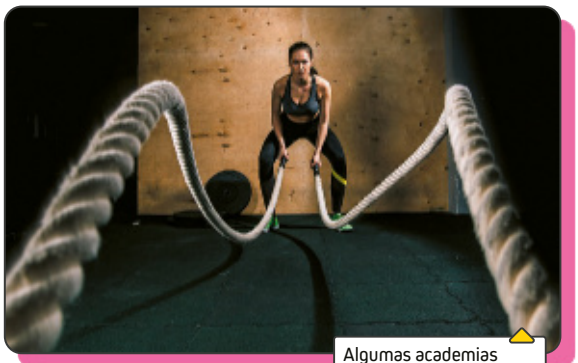
3. Observando se o pedaço de isopor, ou de rolha, move-se horizontalmente em relação à superfície da água junto com a onda (situação em que haveria transporte de matéria) ou se apenas oscila verticalmente em torno de uma posição de equilíbrio (situação em que não haveria transporte de matéria).

Reprodução do Livro do Estudante em tamanho reduzido.

A última questão do experimento que acompanhamos trata de uma propriedade das ondas: elas transportam **energia**, mas não transportam **matéria**. Para entendermos o que isso quer dizer, vamos lembrar um tipo de energia, a **energia mecânica**.

A energia mecânica existe quando, por exemplo, um corpo ganha ou perde altura. O pedaço de isopor na bacia do experimento ganha altura e se movimenta para cima e para baixo conforme a onda passa por ele. Ou seja, a onda foi capaz de transportar energia – no caso, energia mecânica. Porém, a onda não leva o pedaço de isopor com ela para a borda da bacia, ou seja, não transporta matéria.

Até agora falamos de ondas que se formam na superfície da água. Mas podemos criar perturbações em outras superfícies, como no couro de um pandeiro. Ao bater nessa superfície com a mão ou com uma baqueta, promovemos uma perturbação. Também podemos criar ondas em uma corda, por exemplo. Movimentando-a continuamente para cima e para baixo pode-se gerar nela uma onda. É preciso gastar certa energia para provocar uma onda nela e, dependendo do peso da corda, a atividade de movimentar cordas pode ser até um exercício físico.



UfaBizPhoto/Shutterstock

Algumas academias especializadas propõem a prática de exercícios físicos baseados na criação de perturbações que se propagam em cordas.

As cordas também estão presentes nos instrumentos musicais, como violão, cavaquinho e bandolim. Com os dedos, ou com algum outro instrumento, o músico bate na corda e a faz vibrar. Há, então, uma onda se propagando na corda.

Cesar Diniz/Pulsar Imagens

Bater com as mãos na pele de instrumentos de percussão, como o pandeiro, e com os dedos nas cordas de instrumentos, como o cavaquinho, faz as superfícies oscilarem, dando origem a ondas. Preparativos para a festa de São Sebastião no Quilombo da Barra, na cidade de Rio de Contas (BA), 2014.

Já nos instrumentos musicais de sopro não é uma corda que vibra, é o próprio ar. É assim que funcionam a flauta, a corneta e o saxofone: a oscilação do ar gera uma onda que, sob determinadas condições, somos capazes de perceber – a onda sonora. É justamente a onda sonora que vamos estudar agora.

Oscilarem: moverem alternadamente em relação a um ponto de equilíbrio.

Reprodução do Livro do Estudante em tamanho reduzido.

#Atividade complementar

Ondas nos instrumentos

Sugerimos uma atividade que envolva a produção de ondas em um instrumento musical, principalmente de cordas, no qual será mais fácil visualizar as ondas produzidas. Leve para a sala de aula um instrumento de cordas, como violão, viola, guitarra e cavaquinho. Caso haja algum estudante que seja músico, verifique a possibilidade de ele levar o instrumento no dia da aula.

Durante a aula, peça a algum estudante que toque algumas cordas enquanto os colegas observam de perto as ondas formadas. Peça que sejam tocados diferentes cordas para ver se os estudantes percebem variações nas ondas formadas. Depois promova uma discussão com a turma sobre o que observaram.

Orientações didáticas

Continuando a abordagem sobre a onda, sugerimos que retome rapidamente o conceito de energia, principalmente o de onda mecânica pois, como foi enfatizado na conclusão da seção *#Experimentar*, entender que onda transporta energia e não matéria é essencial na compreensão do conceito.

Lembre os estudantes de que energia mecânica em geral é a energia associada ao movimento e à posição dos corpos, sendo dividida em potencial e cinética. A energia potencial está relacionada à energia armazenada por um corpo ou sistema que pode ou não ser utilizada para realizar um movimento, como um corpo a determinada altura do solo ou um elástico ou mola esticados. Já a energia cinética é a energia do movimento, que depende da massa do corpo e de sua velocidade.

Em seguida, sugerimos que chame a atenção dos estudantes para a imagem da atleta fazendo atividade física e gerando ondas nas cordas. Pergunte se já viram ou já fizeram esse tipo de exercício físico, comum em treinos livres nas academias. Comente também sobre os instrumentos musicais, que podem ser de corda, de sopro ou de percussão. A imagem apresenta instrumentos de corda (cavaquinho) e de percussão (pandeiro e conga). Explique que a produção de som nos instrumentos está sempre relacionada a algum tipo de vibração na corda, na batida da pele dos instrumentos de percussão e ou no próprio ar nos instrumentos de sopro. Essas vibrações são transmitidas ao ar gerando as ondas que chamamos de ondas sonoras ou simplesmente som.

#Para saber

A Física e os instrumentos musicais construindo significados em uma aula de acústica

A dissertação faz uso da alfabetização científica e tecnológica para propor, aplicar e analisar sequências didáticas relacionadas com o som. Nessas sequências, há atividades práticas para abordar o conteúdo a partir de instrumentos musicais como o violão, a guitarra, a flauta, o xilofone e a lira.
Disponível em: https://lume.ufrgs.br/handle/10183/174341. Acesso em: 7 jun. 2022.

Orientações didáticas

Para ajudar na contextualização, sugerimos que mostre aos estudantes um vídeo no qual pode se ver as ondas nas cordas do violão conforme se tocam as notas, há várias opções de vídeos disponíveis na internet.

Ao explorar a representação da propagação da onda sonora, comente que, apesar de o esquema mostrar um alto-falante direcionado que aparentemente só produz o som na direção da orelha, na prática, o som tende a se propagar em todos os sentidos em torno da fonte sonora. Isso pode ser exemplificado fazendo uma analogia a uma pessoa falando diretamente a outra: mesmo se posicionando de frente para o interlocutor, outras pessoas ao redor também podem ouvir os sons emitidos.

Sobre o som, sugerimos que comente que esta é uma onda mecânica justamente porque precisa de movimento para se propagar; no caso dessa onda, o movimento é o de vibração do ar. Dessa forma, o som sempre precisa de um meio material para se propagar, que pode ser gasoso (como o ar), líquido ou sólido.

O que é uma onda sonora?

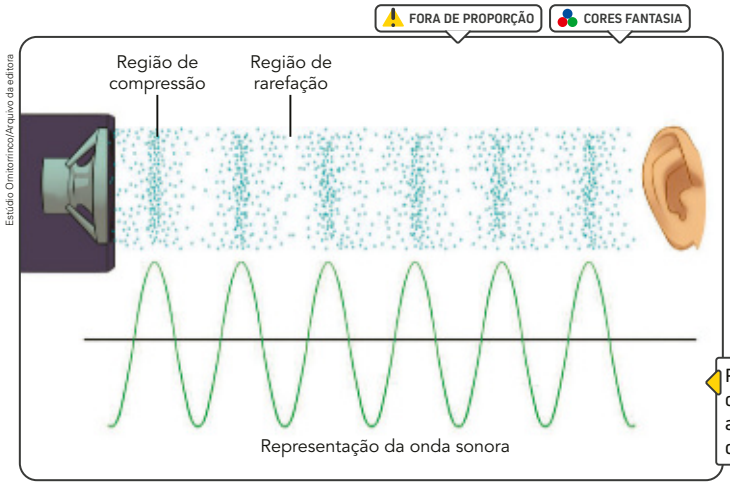
Vamos pensar nas cordas do cavaquinho da imagem anterior. O que acontece com elas? Elas são perturbadas e passam a vibrar por causa do toque dado nelas pelo músico. Elas se mexem para cima e para baixo muitas vezes por segundo. Nesse movimento, o ar do seu entorno também é deslocado.

Algo similar acontece com os instrumentos de percussão. Se houver alguma coisa sobre a superfície em que os músicos batem, por exemplo, água, vemos com facilidade o movimento das gotas a cada batida.

UfaBiz Photo/Shutterstock

A água sobre a superfície de um instrumento de percussão entra em movimento a cada batida.

O mesmo acontece com a membrana do alto-falante de uma caixa de som. Ela vibra para a frente e para trás, perturbando o ar do seu entorno. Isso faz com que haja regiões em que o ar é "empurrado" para a frente, ou seja, em que o ar sofre deslocamento, de modo a ficar mais concentrado, mais comprimido. Por isso, essas regiões são chamadas regiões de **compressão**. Quando o ar não é empurrado, ele fica menos concentrado, mais rarefeito, e, por isso, essas regiões são chamadas regiões de **rarefação**.



Estúdio Ornitorrinco/Acervo da editora

Representação de como a onda sonora se propaga no ar por meio de regiões de compressão e rarefação.

Essa característica das ondas sonoras de transportar energia mecânica, fazendo vibrar o ar, é, sob determinadas condições, detectável pelas orelhas humanas. E é justamente esse conjunto de ondas sonoras tipicamente detectadas pelas orelhas humanas que chamamos de som. Mas isso não significa que somente os ouvintes podem apreciar, por exemplo, uma música. O trecho de texto a seguir trata desse assunto.

Reprodução do Livro do Estudante em tamanho reduzido.

#Para saber

Vibração das cordas de um violão
O vídeo, com cerca de 2 minutos de duração, apresenta as ondas produzidas em uma corda de violão, mostrando também um tutorial de como fazer para captar em imagens as vibrações das cordas.
Disponível em: https://www.youtube.com/watch?v=5ICHZjnxgTs.

Como enxergar sua própria voz
O vídeo, com cerca de 7 minutos de duração, propõe um experimento com materiais de fácil acesso para projetar a vibração causada pelos sons e assim se "enxergar" a própria voz.
Disponível em: https://youtu.be/6lArL9pCkhs.

O uso do simulador PhET como recurso didático para o ensino de ondas no 9º ano do Ensino Fundamental
A dissertação apresenta sugestões de uso de um simulador gratuito para o ensino de ondas.
Disponível em: https://app.uff.br/riuff/handle/1/10253.
Acesso em: 4 jun. 2022.

#Para interpretar

GRUPO

NÃO ESCREVA NO LIVRO

Na vibração do som, surdos aprendem música

Existe um apartamento, no Centro do Recife, onde a música é remédio. No nono andar, na Avenida Guararapes, as notas emitidas por instrumentos de sopro e teclado ajudam a cicatrizar feridas abertas pela exclusão. Alexsson de Lima [...] é surdo e aprende a tocar trombone. [...]

O Instituto Inclusivo Sons do Silêncio nasceu com foco no ensino da música com instrumentos de sopro para surdos. Hoje, abre as portas para qualquer pessoa com deficiência. O músico e pedagogo Carlos Alberto Alves [...] conta que um dia sentiu-se desafiado por um teórico. Foi durante a confecção do Trabalho de Conclusão de Curso (TCC) de Pedagogia. 'Surdos não aprendem música porque não escutam', dizia o texto de tal autor. 'Por isso resolvi dar aulas de instrumentos de sopro para surdos. As poucas escolas que atendem a esse público praticamente só oferecem percussão', lembra. A sensibilização para trabalhar com pessoas com deficiência também surgiu quando Carlos atuou com a emissão da carteira de Passe Livre, na Prefeitura do Recife. 'Percebia a dificuldade dos surdos em se comunicarem', conta.

Carlos buscou um curso de Libras para abrir mais oportunidades de conversação. Certa vez, viu seu professor de Libras, um homem surdo, chorar ao ouvir uma música tirada por ele de um velho saxofone. O mestre contou ter se emocionado com a vibração do instrumento. Naquela resposta estava mais um estímulo para Carlos. Em agosto [de 2015], começou a ministrar aulas de música para pessoas surdas. [...]

TEIXEIRA, M. Na vibração do som, surdos aprendem música. *Diário de Pernambuco*. Ideias do bem. 10 jan. 2016. Disponível em: http://blogs.diariodepernambuco.com.br/ideiasdobem/project/na-vibracao-do-som-surdos-aprendem-musica/. Acesso em: 1º dez. 2021.

Paulo Paiva/Acervo do fotógrafo

Wilson é cego, Alexsson, surdo. Ambos frequentam o Instituto Inclusivo Sons do Silêncio, desafiam incrédulos e ressignificam a própria vida.

1. O texto fala em "cicatrizar feridas abertas pela exclusão". O que isso significa? Converse com os colegas. **1.** Resposta pessoal. Consulte as Orientações didáticas.
2. O que é o curso de Libras mencionado no texto?
2. Libras é a sigla para Língua de Sinais Brasileira. Consulte as Orientações didáticas.
3. Como pessoas surdas podem apreciar e aprender música?
3. Pela vibração das ondas sonoras que elas sentem nos instrumentos, ou mesmo no corpo, por causa das regiões de compressão e rarefação do ar.

Reprodução do Livro do Estudante em tamanho reduzido.

#Para saber

História da Libras – Saiba como surgiu a Língua Brasileira de Sinais

A página da Academia de Libras explica a criação da linguagem de sinais na França e como ela chegou ao Brasil de uma maneira formal, pois já era praticada informalmente pelas pessoas com deficiência auditiva.

Disponível em: https://academiadelibras.com/libras/historia-da-libras/. Acesso em: 7 jun. 2022.

Orientações didáticas

#Para interpretar

As atividades deste boxe oferecem aos estudantes a oportunidade de desenvolver as habilidades de leitura, uma vez que demandam processos de compreensão e inferência de textos.

Sugerimos que promova a leitura do texto de forma individual, orientando os estudantes a primeiro responderem aos questionamentos do boxe no caderno. Os estudantes também podem assistir ao vídeo disponível em: http://blogs.diariodepernambuco.com.br/ideiasdobem/project/na-vibracao-do-som-surdos-aprendem-musica/ (acesso em: 9 jun. 2022).

Depois da leitura, sugerimos pedir aos estudantes que comentem resumidamente sobre o que o texto trata e palavras desconhecidas que tenham surgido, estimulando a discussão sobre o tema. Trabalham-se, assim, a competência geral 1 e a competência específica 5 de Ciências da Natureza.

Neste boxe os estudantes terão a oportunidade de entender um pouco sobre a realidade das pessoas com deficiência auditiva, sua percepção da música e exercer empatia diante das diversidades.

1. Sugerimos que peça a alguns estudantes que compartilhem suas respostas com a turma, de modo que diferentes opiniões possam ser ouvidas e respeitadas, auxiliando no desenvolvimento da competência geral 9. Uma resposta possível é que eventos passados marcaram negativamente a vida de algumas pessoas, que foram ou se sentiram excluídas de algum grupo social ou atividade, por isso o texto fala em "feridas abertas pela exclusão". O convívio proporcionado pelas aulas, o aprendizado da música e a postura do professor Carlos têm ajudado essas pessoas a se recuperarem desses eventos passados, por isso é usado o termo "cicatrizar".

2. A resposta à questão proposta está no Livro do Estudante. O curso ensina às pessoas uma forma oficial de se comunicar por sinais. A Lei n. 10 436/2002 a estabeleceu como língua oficial das pessoas com deficiência auditiva. Para aprofundar a discussão sobre a Libras, leia com os estudantes o texto indicado no boxe *#Para saber* +.

3. A resposta à questão proposta está no Livro do Estudante.

Orientações didáticas

Sugerimos que, caso seja possível, faça em sala de aula a atividade complementar sugerida a seguir para ajudar na contextualização da apresentação dos elementos principais de uma onda periódica.

Sugerimos que explore a imagem que apresenta alguns dos elementos da onda. Reforce que a amplitude é sempre medida em relação à posição de equilíbrio, representada pela linha tracejada na figura, podendo ser para cima (até a altura de uma crista como representada no Livro do Estudante) ou para baixo (que seria até a distância de um vale).

#Atividade complementar

Onda na mola ou na corda

Sugerimos uma atividade prática que envolve a produção de uma onda periódica em uma mola de brinquedo, popularmente conhecida como "mola maluca", ou em uma corda simples, como uma corda de pular, por exemplo.

Em posse da mola ou da corda, peça ajuda a um estudante para deixá-la levemente esticada, mas com certa liberdade de movimento lateral. Peça ao estudante que segure firmemente uma das pontas e, mantendo o braço na horizontal, movimente-o para a direita e para a esquerda, movendo a corda ou a mola de modo a produzir uma onda periódica na qual os vales e cristas fiquem sempre no mesmo local. Quanto maior a velocidade com que se move a mão, maior quantidade de comprimentos de onda (conceito apresentado na página seguinte) serão formados.

Peça aos demais estudantes que identifiquem na onda formada onde está cada elemento. Se possível, estimule que vários estudantes explorem a mola ou a corda e produzam ondas enquanto os colegas observam e aguardam sua vez.

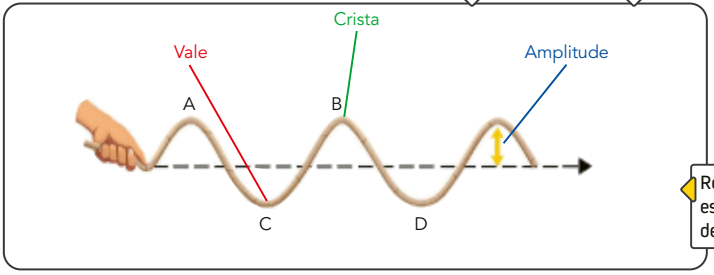
Espera-se que ao observar a formação da onda os estudantes concluam que, quanto maior for a amplitude da onda, mais energia terá de ser fornecida a ela. No caso desta atividade, o movimento que a mão faz para produzir a onda deverá ser mais intenso e mais frequente. A mão que faz o movimento para produzir a onda é a fonte dela.

Elementos de uma onda

Para conhecer os elementos de uma onda, vamos estudar as **ondas periódicas**, isto é, ondas em que as perturbações são iguais e se repetem sempre no mesmo intervalo de tempo. Por exemplo, podemos produzir ondas periódicas movimentando uma corda para cima e para baixo duas vezes a cada segundo, sempre da mesma maneira. A imagem a seguir representa uma onda periódica formada pelo balanço ritmado de uma corda e alguns de seus elementos.

Uma perturbação única também é chamada de oscilação completa ou pulso.

FORA DE PROPORÇÃO CORES FANTASIA



Estúdio Ornitorrinco/Arquivo da editora

Representação esquemática dos elementos de uma onda periódica.

Os pontos em que a oscilação chega ao seu máximo são chamados de **cristas**. É o caso dos pontos **A** e **B** da imagem. Os pontos em que a oscilação está no seu mínimo recebem o nome de **vales**. É o caso dos pontos **C** e **D**.

Se a pessoa balançasse a corda em um movimento mais amplo, alcançando distância maior para cima e para baixo, poderíamos dizer que ela está aumentando a **amplitude** do movimento.

Amplitude é, portanto, essa distância de uma crista, ou de um vale, até o nível intermediário da onda, representado pela linha pontilhada na imagem.

Para dar mais amplitude a uma onda, a fonte que está gerando essa onda precisa transferir mais energia para ela. Ainda no exemplo de uma pessoa movimentando a corda, ela vai fazer um movimento maior com os braços. Isso requer mais esforço dos músculos, transformando mais energia química de seu corpo em energia mecânica.

Essa relação entre energia e amplitude está presente em outras ondas além das provocadas pelo movimento de uma corda. Pense no som quando se toca bateria, batendo com as baquetas em pratos ou tambores. Se o músico bater mais forte com a baqueta, maior será a amplitude do movimento da superfície do tambor e, por consequência, a amplitude da onda sonora. Percebemos isso como um aumento no volume do som.

Pensando nas lâmpadas, quanto mais energia elétrica for transformada em energia luminosa, maior vai ser a amplitude da onda de luz. Isso é percebido pelos nossos olhos como uma luz mais brilhante, mais intensa.

Reprodução do Livro do Estudante em tamanho reduzido.

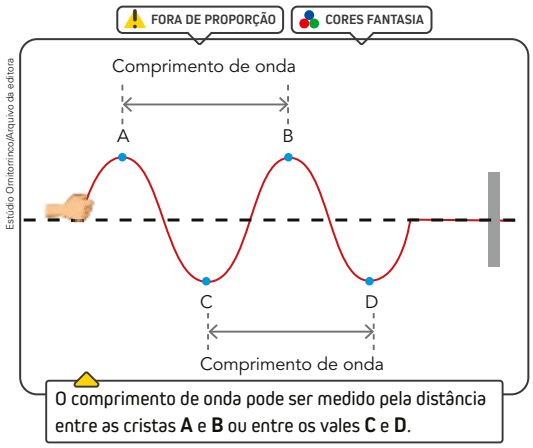
#Para saber

Experimentos – Mola Slinky: ondas transversais e longitudinais

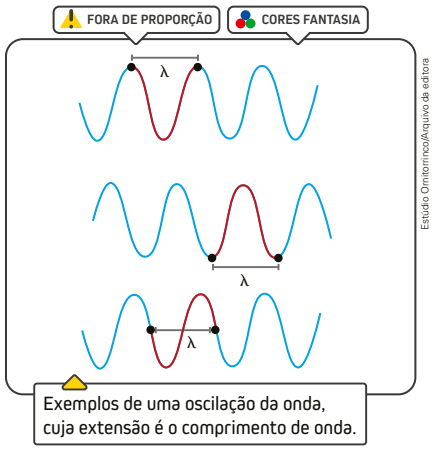
O vídeo, com cerca de 2 minutos de duração, apresenta alguns experimentos que podem ser feitos com a produção de ondas em uma mola. Caso não seja possível realizar a atividade complementar, pode ser interessante indicar o vídeo aos estudantes.

Disponível em: https://www.youtube.com/watch?v=zYdho_gcCRE. Acesso em: 7 jun. 2022.

Outro elemento importante é o **comprimento de onda**. Ele representa a extensão de uma oscilação completa. No exemplo da corda, uma oscilação completa é igual a um movimento para cima e para baixo. Para medir o comprimento de onda, podemos usar, por exemplo, a distância entre duas cristas, representadas pelos pontos **A** e **B** na imagem a seguir, ou entre dois vales, representados pelos pontos **C** e **D**. A ideia é apenas isolarmos uma oscilação da onda e medirmos sua extensão.



O comprimento de onda pode ser medido pela distância entre as cristas **A** e **B** ou entre os vales **C** e **D**.



Exemplos de uma oscilação da onda, cuja extensão é o comprimento de onda.

Mais um elemento da onda é sua **frequência**. Quando alguém pergunta "Com que frequência você tem aulas de Matemática por semana?", sua resposta será algo como "Duas vezes por semana". As aulas de Matemática são eventos periódicos, que se repetem com o tempo, por isso, faz sentido perguntar a frequência delas.

Ondas têm oscilações que se repetem com o tempo, então também faz sentido pensar na frequência de uma onda. A definição de frequência é o número de vezes que o evento acontece em determinado intervalo de tempo. Na resposta sobre a frequência das aulas de Matemática, ocorriam duas repetições no intervalo de tempo de uma semana. A frequência **f**, portanto, é calculada pela equação:

$$f = \frac{\text{repetições}}{\text{tempo}}$$

O **hertz (Hz)** é a unidade-padrão da frequência. Indica quantas repetições ocorreram em um segundo. No exemplo dado sobre a corda, se foram produzidas duas oscilações a cada segundo, então a frequência foi igual a 2 Hz. No nosso dia a dia usamos a unidade hertz e seus múltiplos (quilo-hertz, mega-hertz, giga-hertz, etc.) quando, por exemplo, sintonizamos uma estação de rádio.

1 kHz (quilo-hertz)	=	1000 Hz (mil hertz)
1 MHz (mega-hertz)	=	1000 000 Hz (um milhão de hertz)
1 GHz (giga-hertz)	=	1000 000 000 Hz (um bilhão de hertz)

Reprodução do Livro do Estudante em tamanho reduzido.

Orientações didáticas

Continuando a abordagem do tópico, sugerimos que apresente o conceito de comprimento de onda enfatizando que esse é um importante elemento na caracterização de uma onda qualquer, não importando de qual natureza ela seja. Explore as figuras esquemáticas reiterando que o comprimento de onda representa uma oscilação completa e por isso pode ser medido de diferentes formas na representação da onda. Caso queira comentar com os estudantes, o valor do comprimento de onda depende das características de cada onda. Os sons que ouvimos podem ter comprimentos de onda desde poucos centímetros até quase 20 m. As ondas de rádio podem ter até quilômetros de extensão. Já ondas na frequência do ultravioleta têm comprimento de onda bem pequeno, aproximadamente 0,000001 m, menor do que bactérias.

Se possível, na apresentação do conceito de frequência, realize a atividade complementar sugerida a seguir, que está relacionada à atividade complementar sugerida na página anterior. A unidade da frequência é uma homenagem ao físico alemão Heinrich Hertz (1857-1894), que transmitiu e captou ondas de rádio.

A abordagem desta página, especialmente da apresentação do conceito de frequência, favorece o desenvolvimento da habilidade EF09CI05, pois auxilia na compreensão da construção de sistemas de comunicação humana que utilizam som.

#Atividade complementar

Frequência de uma onda

Caso seja realizada a atividade da onda na mola ou na corda sugerida na página anterior, pode-se ampliá-la nesse momento para contextualizar o conceito de frequência.

Utilizando um cronômetro, que pode ser de um relógio ou um celular, peça a um estudante que produza uma onda. Peça a outros estudantes que cronometrem 1 minuto enquanto os demais contam quantas oscilações estão sendo produzidas nesse tempo. Ao final compare as contagens, verificando se não há números muito discrepantes. Para facilitar esse registro, oriente os estudantes a contar uma oscilação para cada vez que a imagem sai de uma posição e volta para a mesma posição novamente.

Ao fazer a divisão do número de repetições por 1 minuto, obtém-se a frequência representada na unidade de medida chamada de rotação por minuto (rpm). Essa unidade é muito utilizada para obter a frequência de motores, por exemplo.

Para obter o valor em hertz (Hz), oriente os estudantes a dividir o número de repetições por 60, que representa 1 min. Por exemplo, se foram contadas 90 repetições no minuto medido, a frequência será 90 rpm ou 90/60 = 3/2 = 1,5 Hz.

Orientações didáticas

Inicialmente, sugerimos que questione os estudantes se eles conhecem os rádios analógicos apresentados nas imagens do topo da página. Pergunte se eles já observaram as medidas de frequência mostradas nesses aparelhos. Comente que esses valores também podem ser observados nos aparelhos de rádio com visor digital, como os usados em carros modernos, por exemplo. Caso algum estudante conheça os rádios analógicos, verifique se ele consegue localizar a estação de uma rádio local ou de uma rádio que gosta de ouvir, por exemplo.

Nessa discussão, explique que os sons que saem desses aparelhos e em geral os sons que ouvimos no dia a dia estão entre a faixa de 20 Hz e 20 000 Hz, mas que a transmissão das ondas de rádio pode acontecer em frequências mais altas e até mesmo envolver outros tipos de ondas.

Depois, sugerimos que comente os infrassons e ultrassons e questione se já ouviram esses termos. É provável que já conheçam o ultrassom devido aos aparatos médicos que envolvem esse conceito. Comente que aprofundaremos essas aplicações ainda neste capítulo.

Explore o gráfico apresentado mostrando as faixas audíveis pelos diferentes animais, inclusive os seres humanos, enfatizando que alguns animais conseguem ouvir faixas abaixo e outros muito acima da que ouvimos.

Os conceitos trabalhados nesta página mobilizam o desenvolvimento da habilidade EF09CI05 ao fornecer elementos para o entendimento de mecanismos de comunicação humana.

#Para saber

História do rádio no Brasil
Breve histórico sobre a invenção do rádio e a chegada/implantação de um sistema de rádios no Brasil.
Disponível em: https://cultura.uol.com.br/entretenimento/noticias/2021/04/27/881_historia-da-radio-no-brasil.html. Acesso em: 7 jun. 2022.

Em um rádio analógico, podemos observar no mostrador (painel) as possíveis sintonias para estações de rádio por meio de números em quilo-hertz ou mega-hertz. Eles representam as frequências de onda que se pode captar.

A sintonia de uma estação se dá pela frequência da onda de rádio.

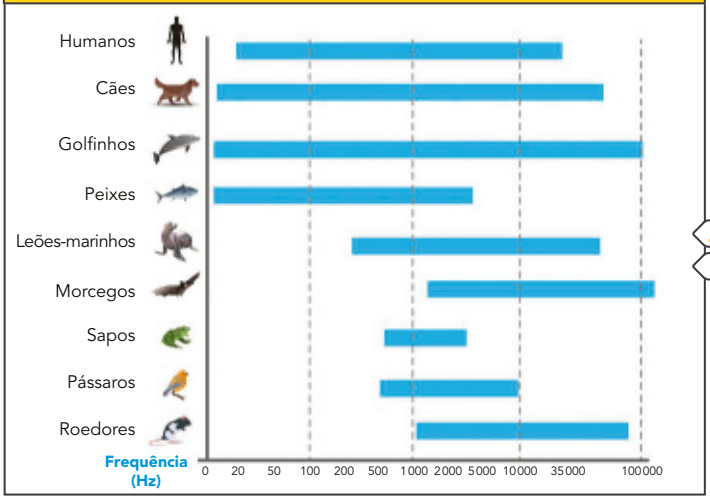
Africa Studio/Shutterstock

No caso da onda sonora, a informação da frequência nos diz quantas vezes as partículas de ar são deslocadas a cada segundo. Por exemplo, a frequência do som da nota Lá, comumente utilizada para afinar os instrumentos, é de 440 Hz, ou seja, são produzidas 440 oscilações no ar a cada segundo quando essa onda sonora se propaga.

Mas não é qualquer frequência de onda sonora que nós, seres humanos, conseguimos escutar. Nossa audição é sensível a uma faixa de frequência entre 20 Hz e 20 000 Hz, mas esses valores podem variar por diversos fatores, por exemplo, a idade. De forma geral, chamamos essa faixa das ondas sonoras de **som** (ou **som audível humano**).

Frequências de ondas sonoras abaixo de 20 Hz recebem o nome de **infrassons**. Frequências acima de 20 000 Hz são **ultrassons**. Humanos não percebem esses sons, mas a faixa audível para outros animais é diferente da dos humanos. Os cães, por exemplo, têm uma faixa de audição entre 15 Hz e 50 000 Hz. Por isso, há apitos para adestramento de cães que emitem ondas sonoras na faixa do ultrassom que são audíveis para esses animais, mas não para os humanos. O gráfico a seguir representa as faixas de frequências audíveis para alguns animais.

Frequências de sons audíveis para alguns animais



R2 Editorial/Arquivo da editora

FORA DE PROPORÇÃO
CORES FANTASIA

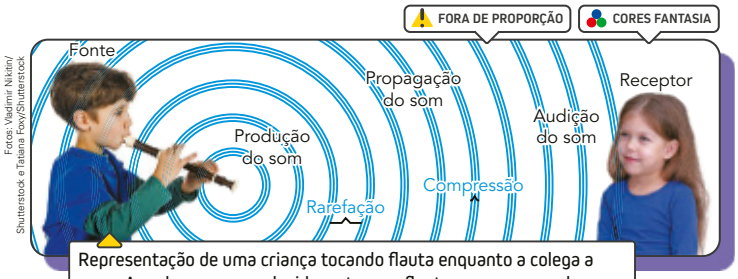
Elaborado com base em: MAGALHÃES, N. S. Conversa de golfinho: reflexões sobre a Bioacústica como recurso pedagógico interdisciplinar no Ensino Básico. *Revista de Cultura e Extensão Universitária* USP, v. 17 (supl.), p. 101-117, 2017. p. 109.

Reprodução do Livro do Estudante em tamanho reduzido.

Entendendo as características dos sons

Conhecendo os elementos de uma onda, podemos avançar no estudo dos sons. As ondas sonoras se propagam no ar por meio de regiões de compressão e rarefação. Por movimentarem os constituintes do meio em que se propaga, geralmente o ar, elas são ondas que transportam energia mecânica. Por isso, são chamadas de **ondas mecânicas**.

A onda na corda e a onda na água também são exemplos de ondas mecânicas e, em todas elas, é preciso que haja matéria (o ar, a água, a corda, entre outras) que se movimente periodicamente em relação a um ponto de equilíbrio, isto é, que oscile. Se não houver matéria (vácuo), não há como uma onda mecânica se propagar.



Fotos: Vadimir Nikitin/Shutterstock e Tatiana Popova/Shutterstock

Representação de uma criança tocando flauta enquanto a colega a ouve. A onda sonora produzida ao tocar a flauta propaga-se pelo ar e evidencia regiões de rarefação e compressão do meio (o ar).

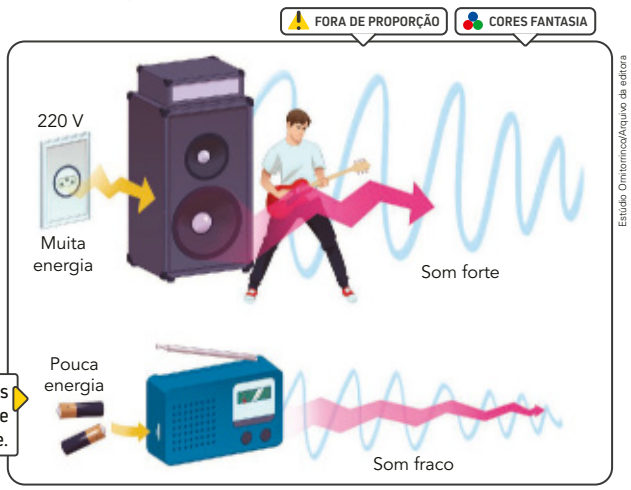
#Estude

Gravidade, filme de Alfonso Cuarón. 91 min. Warner Bros., 2013.
A história se passa em naves, estações espaciais e no espaço sideral. No vácuo espacial, as ondas sonoras não se propagam. O longa-metragem explora a interrupção abrupta do som na transição do interior de naves e estações espaciais para o universo exterior. Este filme venceu sete prêmios Oscar em 2014, incluindo melhor edição de som e melhor mixagem de som.

Intensidade

Uma diferença que existe entre os sons é a intensidade. Quando falamos na amplitude, usamos a ideia intuitiva de que bater mais forte em um tambor produz vibrações maiores e, por isso, sons com um volume mais alto.

Na linguagem científica, falar em volume mais alto não é a melhor maneira de caracterizar o som. Quanto maior a amplitude, maior é a energia transportada pelas ondas e, por isso, fala-se em sons mais intensos, sons mais **fortes**. Sons de menor amplitude, que transportam menos energia, são chamados de sons **fracos**, de menor intensidade. Portanto, alterar o volume de um som modifica sua intensidade, que está relacionada com a **amplitude** da onda. Conforme a onda se distancia da fonte, sua amplitude vai ficando menor e sua intensidade diminui.



Estúdio Ornitorrinco/Arquivo da editora

Representação das ondas sonoras em um som fraco e em um som forte.

Reprodução do Livro do Estudante em tamanho reduzido.

#Para ler

Fatos curiosos sobre a intensidade do som

[...]

• Atribui-se o título de som mais intenso de toda a história à erupção do vulcão Krakatoa, que ocorreu no dia 27 de agosto de 1883, na Indonésia. Relatos da época indicam que o som pôde ser ouvido a mais de 3 500 km de distância, na Austrália. Mesmo nessa distância, o som ouvido foi compatível com o disparo de um rifle. As medidas feitas na época indicaram que, a uma distância de 150 km do vulcão, ouviu-se um som de 172 dB, o equivalente à explosão de 200 milhões de toneladas de dinamite.

• Apesar de serem pouco potentes, a pequena área do canal auditivo faz com que a intensidade sonora emitida pelos fones de ouvido ultrapasse facilmente a faixa de 100 dB, por isso, não se deve usar esse tipo de aparelho por intervalos prolongados ou mesmo no volume máximo, a fim de se evitar danos permanentes à audição.

[...]

INTENSIDADE do som. *Mundo Educação*. Disponível em: https://mundoeducacao.uol.com.br/fisica/velocidade-intensidade-som.htm. Acesso em: 7 jun. 2022.

Orientações didáticas

Sugerimos que explore a imagem no início da página, da criança tocando flauta enquanto outra a ouve. Explique que as áreas de compressão são aquelas em que o ar está acumulado em uma região do espaço e as áreas de rarefação são aquelas em que existe pouco ar. Explique que as partículas que formam o ar se movimentam, criando essas regiões e transmitindo a energia da onda a partir da fonte.

Depois, comente que essas características dos sons são também chamadas de qualidades fisiológicas do som e auxiliam na definição dos variados tipos de sons produzidos pelas diversas fontes sonoras com que nos deparamos cotidianamente, inclusive nossas próprias vozes.

Ao abordar a intensidade, sugerimos que reforce que essa característica do som nos permite distinguir um som forte (grande intensidade) de um som fraco (pequena intensidade), estando diretamente relacionada à energia de vibração da fonte sonora que produz cada som e também à amplitude da onda sonora gerada. Comente que, quanto maior for a energia que a onda sonora transporta, maior sua amplitude e consequentemente maior sua intensidade.

Em seguida, sugerimos que destaque a diferença entre "som forte" e "som alto", ou "som fraco" e "som baixo". A classificação em "forte" ou "fraco" está relacionada com a intensidade. Já a classificação em "alto" ou "baixo" está relacionada com outra característica dos sons que veremos na página seguinte: a altura.

Para contextualizar com a linguagem cotidiana, explique que, popularmente, a intensidade do som está relacionada ao que é chamado de "volume" do som. Assim, ao alterar o botão de "volume" de um rádio, por exemplo, estamos alterando a intensidade com que o som será produzido nos alto-falantes.

Orientações didáticas

Sugerimos que, ao abordar o conceito de altura, reforce o uso dos termos "alto" e "baixo" para se relacionar a essa característica do som, não à intensidade dele. Um esquema para associar esses termos é:

Som agudo → maior frequência → maior altura ("som alto")

Som grave → menor frequência → menor altura ("som baixo")

Para aprofundar a discussão sobre altura na classificação das vozes dos cantores e introduzir o assunto do boxe *#Para interpretar*, da página seguinte, sugerimos que realize a atividade complementar sugerida. Com essa atividade, pode-se praticar a **metodologia ativa** da sala de aula invertida.

Outra característica importante na definição de um som é o timbre. Sugerimos que reforce que essa característica nos permite distinguir um som de outro mesmo que ambos estejam tocando a mesma nota, por exemplo. Algo que pode ser divertido na abordagem dessa característica é verificar se há algum estudante que consegue imitar o timbre de alguma pessoa famosa ou mesmo de pessoas da convivência cotidiana. Pessoas com essa habilidade conseguem manipular suas pregas vocais para sua voz ser emitida com timbre semelhante ao da pessoa imitada. Esse tipo de situação é muito comum com os chamados cantores *covers*, por exemplo.

#Atividade complementar

Classificação das vozes

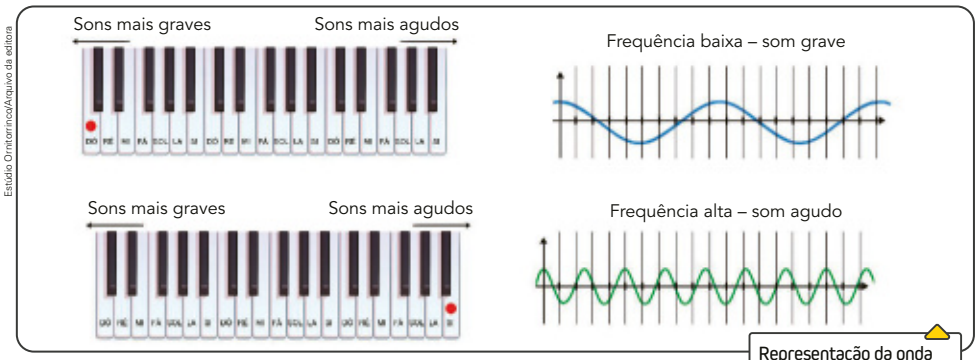
Sugerimos que peça aos estudantes que pesquisem a classificação das vozes masculinas e femininas no canto.

Para mulheres, temos soprano (mais aguda), meio-soprano (intermediária) e contralto (mais baixa). Já para homens, temos tenor (mais aguda), barítono (intermediária) e baixo (mais baixa).

Altura

Um dos motivos para chamarmos uma onda sonora de grande amplitude de som forte, e não som alto, é porque há uma propriedade do som chamada **altura** que não está relacionada com a amplitude.

A altura de um som diz respeito à sua frequência. Sons de frequência alta, cuja onda oscila muitas vezes por segundo, são percebidos por nós como **sons agudos**. Sons de frequência baixa, com menos oscilações por segundo, são **sons graves**.



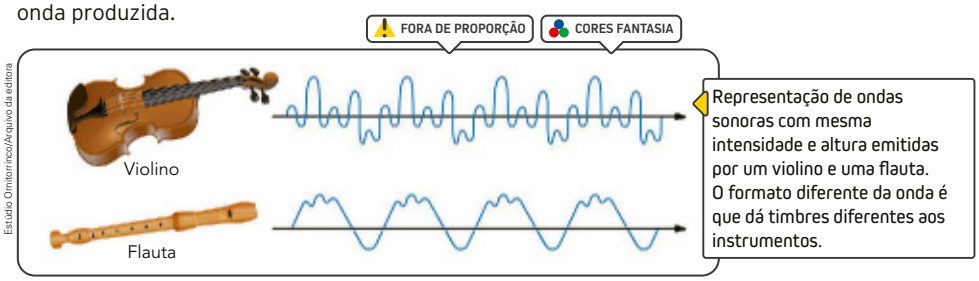
Representação da onda de som grave e de som agudo produzidos por um teclado, ambos com a mesma amplitude.

Por isso, do ponto de vista da Física, um som baixo é um som grave. Esse nome está presente no instrumento musical conhecido como baixo, que produz sons mais graves do que uma guitarra ou um violino. A voz das pessoas ao cantar também é classificada pela frequência. Entre as vozes masculinas, a voz mais grave é chamada de baixo.

Timbre

Um som pode ter a mesma amplitude e frequência, mas, por ser produzido por vários instrumentos, pode ser facilmente diferenciado. Essa possibilidade de diferenciação se deve a uma das propriedades do som, seu timbre.

Se uma nota Lá, de 440 Hz, for tocada com a mesma intensidade em uma flauta e em um violino, é possível reconhecer qual é um e qual é o outro. A diferença não está na intensidade (mesma amplitude) nem na altura (mesma frequência). A diferença está no formato da onda produzida. Ou seja, o timbre de um som está relacionado com o formato da onda produzida.



Representação de ondas sonoras com mesma intensidade e altura emitidas por um violino e uma flauta. O formato diferente da onda é que dá timbres diferentes aos instrumentos.

Reprodução do Livro do Estudante em tamanho reduzido.

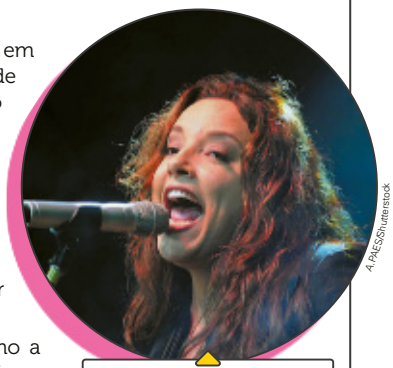
#Para interpretar

NÃO ESCREVA NO LIVRO

Classificação vocal

A classificação básica da voz humana para o canto é feita em aguda, média e grave. A voz feminina mais aguda é chamada de Soprano e a masculina de Tenor. Já a mais grave é Contralto para mulheres e Baixo para homens. Por fim, a voz intermediária feminina é a Mezzo-soprano e a masculina é Barítono.

[Essas categorias são válidas] [...] para todos os cantos, porém algumas vertentes têm nomenclaturas adicionais para definir ainda mais as particularidades de cada voz e determinar os papéis que cada cantor pode assumir na ópera – na música popular a classificação é mais flexível. A soprano, por exemplo, pode ser dividida entre Ligeiro, Spinto, Lírico, Dramático, entre outras.



A. PAESS/Shutterstock

A cantora brasileira Ana Carolina (1974-) tem a voz considerada de contralto na música *pop*. O nome contralto vem da capacidade da pessoa de cantar usando sons baixos (sons graves), em oposição aos sons altos (agudos).

No Brasil, a voz feminina mais comum é a Soprano, como a da cantora Sandy e de Marisa Monte. A Contralto é o tipo mais raro em todo mundo – inclusive muitas cantoras no papel de contralto são na verdade mezzo-soprano, e referências pop como Ana Carolina, Adele e Amy Winehouse são exemplos dessa categoria. Já de Mezzo-soprano podemos citar Daniela Mercury, Madonna, Beyoncé e Katy Perry.

Para os homens, a voz mais aguda é o Tenor, que na ópera adquire outras especificidades, como Tenor Dramático, Heldentenor, Ligeiro, entre outros. São tenores famosos Andrea Bocelli, Axl Rose e Michael Jackson. Já entre os Barítonos, podemos citar Chico Buarque, Jim Morrison, Eddie Veder e Frank Sinatra. Por fim, o Baixo é o tipo mais raro de voz masculina, com pouca ocorrência no Brasil e maior abundância na Rússia e nos países nórdicos. O Baixo Profundo é a forma com menos registros. Tim Maia e Arnaldo Antunes são exemplos de Baixos da música pop, além de estrangeiros como Johnny Cash e Louis Armstrong. [...]

PONTES, M. M. Tipos de voz: você sabe qual é a sua no canto? *Sociedade Artística Brasileira*, 18 ago. 2017. Disponível em: https://www.sabra.org.br/site/tipos-de-voz-voce-sabe-qual-e-a-sua-no-canto/. Acesso em: 3 dez. 2021.

Reprodução/Arquivo Nacional, Rio de Janeiro, RJ.

A voz do cantor brasileiro Tim Maia (1942-1998) é considerada de baixo na música *pop*. É a faixa de vozes mais graves entre os cantores e, também, a mais rara.

1 O que é a classificação vocal?

1. É a classificação das vozes de acordo com a altura do som que os cantores são capazes de emitir.

2 No canto, o que varia na onda sonora entre os diferentes tipos de voz?

2. Varia a frequência da onda sonora.

3 Se possível, ouça músicas de, pelo menos, quatro artistas de diferentes tipos de voz citados no texto. Identifique diferenças entre eles e debata com os colegas.

3. Resposta pessoal. Consulte as Orientações didáticas.

Reprodução do Livro do Estudante em tamanho reduzido.

Orientações didáticas

#Para interpretar

Caso seja realizada a atividade complementar da página anterior, sugerimos que a leitura do texto seja feita de forma individual, com posterior discussão sobre o conteúdo pesquisado e o lido no texto, sanando eventuais dúvidas. Caso não tenha sido possível realizar a atividade complementar, sugerimos que seja feita a leitura conjunta do texto. Ao final, sugerimos que seja estimulada a interpretação do texto pelos estudantes, incentivando a inferência textual a partir do que foi lido. Reproduzir para os estudantes músicas de artistas citados no texto é uma forma de ampliar o desenvolvimento da competência geral 3.

1 e **2**. As respostas às questões propostas estão no Livro do Estudante.

3. Resposta pessoal. Espera-se que, por exemplo, os estudantes consigam identificar a voz de Arnaldo Antunes como mais grave do que a voz de Michael Jackson, ou a voz de Sandy como mais aguda do que a voz de Amy Winehouse. Sugerimos que sejam escolhidos quatro cantores (a escolha pode ser feita por meio de votação, por exemplo) para, com o apoio de um computador ou mesmo de um celular, ouvir e classificar o tipo de voz de cada um. Posteriormente, pode-se pesquisar na internet se há uma classificação oficial do tipo de voz de cada cantor escolhido.

#Para saber

Faça o TESTE agora e descubra o seu tipo de voz!

O vídeo, com cerca de 5 minutos de duração, apresenta um teste simples (amador) de classificação do tipo de voz. O teste poderá ser realizado em sala de aula com os estudantes.

Disponível em: https://www.youtube.com/watch?v=lw9iRtbsohA. Acesso em: 7 jun. 2022.

Orientações didáticas

O grupo de atividades presente nestas páginas permite ampliar e desenvolver a habilidade EF09CI05, pois trabalha elementos e características de ondas, especialmente ondas sonoras, o que ajuda no entendimento de sistemas de comunicação humana relacionados a esse tipo de onda.

Sugerimos que selecione algumas atividades para que sejam feitas em sala de aula e outras em casa com a ajuda de familiares ou responsáveis. Separe alguns minutos de sua próxima aula para realizar a correção das atividades e verificar possíveis defasagens de conteúdo. Caso julgue necessário, faça uma revisão dos conteúdos abordados até o momento.

#Atividades

1. A resposta à questão proposta está no Livro do Estudante.

2. A resposta à questão proposta está no Livro do Estudante. Reforce aos estudantes que a onda transportar energia e não matéria é um fator essencial na definição desse conceito.

3. A resposta à questão proposta está no Livro do Estudante. Reforce o termo "volume" para se referir à grandeza intensidade, que está relacionada à amplitude da onda.

4. A resposta à questão proposta está no Livro do Estudante.

#ATIVIDADES

NÃO ESCREVA NO LIVRO

Consulte as Orientações didáticas para respostas e comentários das atividades.

1. Explique o que é uma onda e qual é a relação do som com as ondas.

2. O italiano Leonardo da Vinci (1452-1519) atuou em vários campos do conhecimento e da expressão humanas. Dedicou-se, entre outros campos, à pintura, à Anatomia, à Matemática, à Geologia e à Física. No campo da Física, estudou, entre outros assuntos, as ondas, sobre as quais afirmou:

1. A onda é uma sucessão de perturbações que se propagam. O som é formado por ondas sonoras, uma vez que a fonte sonora provoca vibrações que se propagam no ar.

"É frequente que uma onda de água fuja de seu local de origem, enquanto a água não; como as ondas criadas pelo vento num campo de trigo, onde vemos as ondas correndo através do campo, enquanto os pés de trigo permanecem no mesmo lugar".

HALLIDAY, D.; RESNICK, R.; WALKER, J. *Fundamentos de Física 2*: Gravitação, Ondas e Termodinâmica. 4. ed. Rio de Janeiro: LTD Livros Técnicos e Científicos Editora S.A., 1996. p. 111.

Pensando na relação de uma onda com a matéria e a energia, o que Leonardo da Vinci quis dizer com a afirmação anterior? **2.** Que uma onda não transporta matéria.

3. Relacione os fenômenos a seguir com a frequência (**f**) ou a amplitude (**A**) de uma onda.

3. I. **f**, II. **A**, III. **f**, IV. **A**.

I. Número de repetições de uma onda.

II. Aumento do brilho de uma tela.

III. Som grave ou agudo.

IV. Aumento do volume de um rádio.

4. Na abertura do capítulo falamos de sons na natureza ou em grandes cidades. Em qual desses ambientes os sons tendem a ser mais intensos? Qual elemento da onda está relacionado com a intensidade? **4.** Nas grandes cidades, os sons tendem a ser mais intensos. O elemento da onda relacionado com a intensidade é a amplitude.

5. Em um grande festival de música ocorrido no Brasil em 2019 foram utilizadas três mochilas para pessoas com deficiência auditiva aproveitarem melhor o espetáculo. Leia o trecho de texto a seguir.

Mochila sensorial permite que surdos sintam vibração das músicas em *shows* [de festival]

Jovens com deficiência auditiva assistem a *shows* em festival e sentem vibração das músicas por meio de mochila sensorial.

Reprodução/Instituto Nacional de Educação de Surdos – INES

Reprodução do Livro do Estudante em tamanho reduzido.

NÃO ESCREVA NO LIVRO

[...] Já existem mochilas sensoriais que são capazes de captar sons e transformá-los em vibrações, acredita? Assim, quem não pode ouvir consegue sentir os diferentes ritmos de instrumentos que compõem uma canção. [...]

"A mochila pode ser conectada via celular ou diretamente com instrumentos musicais, como fizemos no festival. Ela reproduz os sons em forma de vibrações, capta a frequência de cada instrumento, e assim quem as usa pode sentir o som", explica [o estudante Felipe de Melo e Souza, responsável pela iniciativa].

MOCHILA sensorial permite que surdos sintam vibração das músicas em *shows* do Lollapalooza Brasil. *Multishow*, 7 abr. 2019. Disponível em: https://multishow.globo.com/especiais/lollapalooza/noticia/mochila-sensorial-permite-que-surdos-sintam-vibracao-das-musicas-em-shows-do-lollapalooza-brasil.ghtml. Acesso em: 4 dez. 2021.

a) Como você interpreta a frase "[a mochila] reproduz os sons em forma de vibrações"?

b) Faz sentido pensar uma música como vibrações que nosso corpo pode captar? Explique.

c) O que você acha da iniciativa de distribuir mochilas sensoriais para pessoas com deficiência auditiva em *shows* e outros eventos? Essa iniciativa é suficiente para garantir a total acessibilidade? **5. b)** Sim.

d) Pesquise, na internet ou em mídias impressas, outra notícia que trate da surdez e dos sons e apresente-a para os colegas. Em grupo, avaliem se as informações veiculadas são corretas e/ou precisas e se a surdez é abordada de maneira adequada. Se a notícia for interessante, disseminem essas informações por meio de um mural na escola ou na internet.

GRUPO

6. Alguns fenômenos naturais, como a erupção de vulcões, terremotos e maremotos provocam a propagação de ondas na faixa do infrassom, ou seja, com frequências abaixo de 20 Hz.

a) O ser humano é capaz de ouvir essas ondas? Explique. **6. a)** Não.

b) Há relatos de que instantes antes de terremotos ou maremotos, alguns animais já fugiam do lugar em que estavam, como se pressentissem o que estava por vir. Uma das hipóteses para explicar esse suposto comportamento é que certos animais ouvem infrassons. Essa é uma hipótese plausível? Explique. **6. b)** Sim.

smartseck/Shutterstock

Erupção vulcânica no campo de Kaliurang, Yogyakarta (Indonésia) às 23 h do dia 23 de janeiro de 2021.

Reprodução do Livro do Estudante em tamanho reduzido.

Orientações didáticas

#Atividades

5. A atividade propicia o desenvolvimento das competências específicas 5 e 6 de Ciências da Natureza e das competências gerais 1, 4, 5, 7 e 9.

a) Resposta pessoal. Espera-se que os estudantes entendam que o som está relacionado às vibrações; dessa forma, a pessoa com deficiência auditiva está "sentindo o som". A mochila amplifica as vibrações do som e as transmite para o corpo das pessoas com deficiência auditiva, que podem então senti-lo de forma mais intensa mesmo sem ouvi-lo. O som já é uma forma de vibração, então, se formos rigorosos, o texto tem um equívoco no uso do verbo "reproduzir"; os verbos "amplificar" ou "intensificar" descreveriam melhor a sua função.

b) O sentido da audição começa na orelha, em que são captadas as vibrações do ar, que depois são transformadas em impulsos nervosos que o cérebro interpreta como o que chamamos de som. Normalmente sentimos essa vibração por meio da nossa audição, mas também podemos sentir pelo tato, como no caso das mochilas sensoriais.

c) Resposta pessoal. Esse questionamento promove um momento em que se pode exercer a empatia com pessoas com deficiência auditiva. Uma possível resposta é que se trata de uma atitude positiva e inclusiva, que busca oferecer a pessoas com deficiência auditiva uma experiência mais prazerosa em *shows* musicais. A alegria das pessoas na foto também indica que elas estavam gostando da experiência. Entretanto, para que os eventos sejam completamente acessíveis, a organização deve incluir intérpretes de Libras e legendas em tempo real.

d) Resposta pessoal. Uma opção é realizar a pesquisa proposta em duplas ou pequenos grupos. Os estudantes podem apresentar os resultados aos colegas por meio de seminários, por exemplo. Uma possível notícia é "Dançarino surdo sente a música através da vibração" (disponível em: https://www.ufsm.br/orgaos-executivos/caed/2014/08/18/dancarino-surdo-sente-a-musica-atraves-da-vibracao/, acesso em: 7 jun. 2022). A notícia trata da primeira participação de um grupo de dança composto de pessoas com deficiência auditiva no Festival de Dança de Joinville em 2014. Os dançarinos se orientam pelas vibrações das ondas sonoras, em especial as que se propagam pelo chão do palco. Para a disseminação da informação pode ser organizado um mural na escola, em locais de grande circulação da comunidade escolar e/ou em reuniões de pais e responsáveis.

6. As respostas às questões propostas estão no Livro do Estudante.

a) O ser humano ouve somente frequências de ondas acima de 20 Hz e mesmo esse limite depende de outros fatores, como a idade da pessoa e a intensidade do som.

b) Alguns animais têm faixas audíveis diferentes do ser humano, podendo escutar frequências abaixo de 20 Hz. Ao identificar uma fonte sonora de infrassom, talvez os animais se sintam ameaçados e tendam instintivamente a fugir no sentido oposto da fonte. Com isso, se afastam do epicentro de terremotos e maremotos. Cães, golfinhos, peixes, elefantes e girafas são exemplos de animais que ouvem infrassons.

Orientações didáticas

Os conteúdos desenvolvidos neste tópico mobilizam o desenvolvimento da habilidade EF09CI05, pois estão relacionados aos sistemas de comunicação humana por meio do som, da competência geral 8, da competência específica 7 de Ciências da Natureza e está relacionado ao Tema Contemporâneo Transversal Saúde.

Para iniciar, sugerimos que verifique se os estudantes tiveram contato com telefones fixos, que hoje em dia não são mais tão comuns, e com aparelhos celulares antigos, para que possam comparar com os *smartphones* atuais. Se possível, peça que pesquisem imagens desses aparelhos na internet para que observem a evolução deles. Reforce que, hoje em dia, esses aparelhos são uma das formas mais comuns de comunicação à distância, tanto por som quanto por imagem.

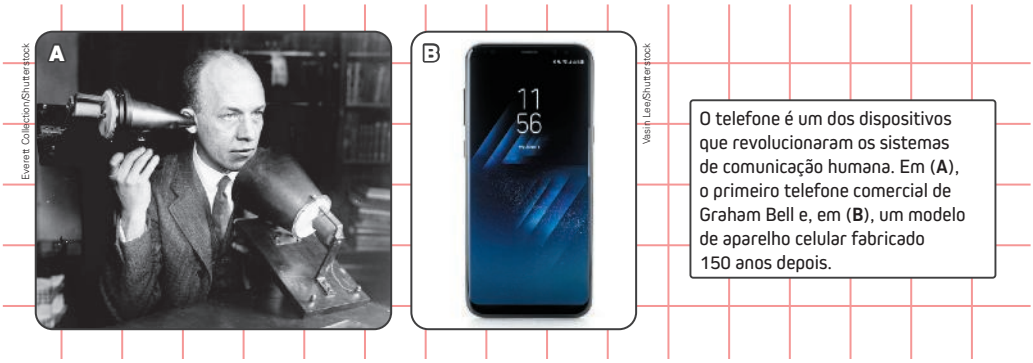
Para explicar a produção da voz, sugerimos que explore o esquema apresentado, mostrando as principais partes do corpo envolvidas. Reforce que, da mesma forma que nos instrumentos musicais, o som é produzido por meio de vibrações que transportam energia pelo ar.

Falando e ouvindo

A fala é uma das principais formas de comunicação humana. Muitas tecnologias da comunicação foram inventadas justamente para levar o som da voz a distâncias a que ela não chegaria naturalmente. O telefone é um exemplo.

A invenção do telefone foi patenteada em 1876 pelo escocês Alexander Graham Bell (1847-1922). Consistia, basicamente, em um microfone na extremidade próxima à boca e um alto-falante na extremidade próxima à orelha. O microfone é capaz de detectar as ondas sonoras e transformá-las em sinais elétricos. Na invenção de Graham Bell, esses sinais elétricos viajavam por um fio e chegavam até um outro telefone, onde o alto-falante os convertia novamente em onda sonora.

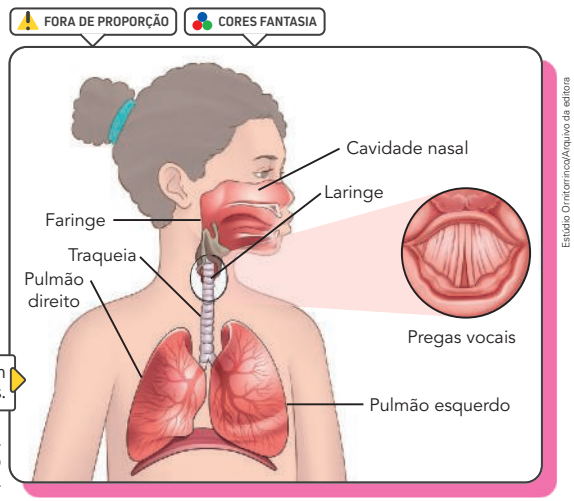
Atualmente, os telefones mais populares são os celulares. Neles, não há fios ligando um aparelho ao outro, mas as ondas continuam sendo utilizadas para levar a voz para lugares muito distantes do emissor. Com o surgimento da internet, aplicativos de mensagens também se popularizaram, até mesmo com a opção de envio de áudios.



O telefone é um dos dispositivos que revolucionaram os sistemas de comunicação humana. Em (**A**), o primeiro telefone comercial de Graham Bell e, em (**B**), um modelo de aparelho celular fabricado 150 anos depois.

A produção da voz

Você sabe como o corpo humano produz os sons? Se pensou que é por meio da "voz", acertou. A voz é produzida pela passagem de ar, que faz vibrar as **pregas vocais**, também chamadas de **cordas vocais**. Assim como a vibração das cordas de um violão, as oscilações das pregas vocais produzem som. A vibração da laringe também ajuda a compor o som da voz. O som sai, então, pela cavidade nasal e pela boca.



As pregas vocais vibram com a passagem de ar, produzindo ondas sonoras.

Elaborado com base em: SOBOTTA, J. *Atlas de Anatomia Humana*. 21. ed. Rio de Janeiro: Guanabara Koogan, 2000.

Reprodução do Livro do Estudante em tamanho reduzido.

Nas pessoas de sexo feminino, as pregas vocais tendem a ser mais curtas e finas do que nas pessoas de sexo masculino. Com isso, as pregas têm mais facilidade para vibrar. Mais vibrações por segundo significa maior frequência. O resultado é que as vozes femininas tendem a ser mais agudas do que as masculinas.

Mas as características físicas das pregas vocais são apenas um fator que pode influenciar a voz. As cavidades bucal e nasal também influenciam o formato da onda sonora produzida, ou seja, contribuem para o timbre característico da voz de cada pessoa.

Para alguns profissionais, como locutores, cantores e professores, o uso da voz é essencial. Por isso, é comum que essas pessoas tenham mais cuidado com a voz. Porém, esses cuidados são indicados para todos. Uma das mais simples e melhores formas de cuidado com a voz é beber bastante água. Com as pregas vocais hidratadas, evita-se que elas fiquem pouco flexíveis e mais difíceis de vibrar.

Uma das razões da mudez são problemas físicos relacionados com as pregas vocais, laringe, garganta ou outras estruturas que participam da produção da voz. Além disso, distúrbios no sistema nervoso ou problemas psicológicos podem causar a mudez.

Um engano histórico é pensar que pessoas surdas também são mudas. É convencional uma pessoa utilizar a audição para aprender e desenvolver sua fala, ajustando a dicção, o ritmo e o tom da voz, por exemplo. Porém, é muito raro a pessoa surda ter algum impedimento físico para a produção de sons. Leia, a seguir, um trecho de um texto sobre esse assunto.

NÃO ESCREVA NO LIVRO

#Para interpretar

Nem todo surdo é mudo

[...] A maioria dos surdos têm as cordas vocais em perfeito funcionamento, portanto, são minorias os surdos que também são mudos. Muitas pessoas surdas não falam porque não aprenderam a falar. Alguns surdos falam, são os surdos oralizados, que desenvolveram a fala através de um trabalho com fonoaudiologia. Desta forma, o termo surdo-mudo tem sido encarado pela cultura surda como um erro social, devido à falta de conhecimento do real significado das duas palavras.

Tomemos o exemplo de Helen Keller, cega e surda, portanto incapaz de aprender a falar através dos métodos convencionais. Mas ela não era muda. Ela aprendeu a falar com a ajuda de sua professora, Anne Sullivan.

CRISTIANO, A. *Surdo-mudo. Libras*, 9 abr. 2018. Disponível em: https://www.libras.com.br/surdo-mudo. Acesso em: 5 abr. 2022.

Bettmann Archive/Getty Images

A escritora e ativista estadunidense Helen Keller (1880-1968) e sua professora, a também estadunidense, Anne Sullivan (1866-1936), em 1899.

1 **Quais problemas há na expressão surdo-mudo?**
1. Resposta pessoal. Consulte as Orientações didáticas.

2 **A fala é a única forma de comunicação? Explique.**
2. Não, a linguagem escrita é um exemplo e a linguagem de sinais é outro. Consulte as Orientações didáticas.

Reprodução do Livro do Estudante em tamanho reduzido.

Orientações didáticas

O trabalho com o conteúdo da página possibilita o desenvolvimento das competências gerais 6 e 9 e da competência específica 7 de Ciências da Natureza.

#Para interpretar

Sugerimos que promova a leitura individual do texto, orientando os estudantes a responder às duas perguntas no caderno. Dessa forma é incentivada a interpretação de texto e promovida a inferência textual. Após a leitura do texto, pode-se estimular uma discussão para que os estudantes possam compartilhar suas respostas e opiniões sobre o assunto.

1. Explique que o termo "surdo-mudo", além de não ser adequado cientificamente (porque ter deficiência auditiva não significa que a pessoa também não fala), pode ser ofensivo às pessoas com deficiência auditiva ou que tenham parentes ou amigos próximos com essa condição. Essa discussão ajudará a promover a empatia pelo próximo e o respeito às diversidades.

2. A resposta à questão proposta está no Livro do Estudante. Outro exemplo, que inclusive foi estudado no capítulo, é a própria linguagem falada por meio dos sons. Pode-se ainda se comunicar com o uso de símbolos, cores, gestos, desenhos, etc.

#Para saber

Acessibilidade comunicacional dos surdos em esferas sociais
A dissertação apresenta um estudo sobre acessibilidade comunicacional de pessoas com deficiência auditiva em espaços com ou sem essa acessibilidade.
Disponível em: https://repositorio.animaeducacao.com.br/bitstream/ANIMA/14387/8/Acessibilidade%20Comunicacional.pdf.

Surdo é mudo?
O vídeo, com cerca de 6 minutos de duração, explica a diferença entre surdez e mudez, destacando que nem todo surdo é mudo.
Disponível em: https://youtu.be/B4N3RnQURYo.
Acesso em: 17 jun. 2022.

Orientações didáticas

O tópico *A audição humana* está relacionado ao Tema Contemporâneo Transversal Saúde, pois os conteúdos permitem discutir hábitos saudáveis em relação à audição, especialmente ao explorar a tabela e a escala de decibéis na página seguinte.

Sugerimos que chame a atenção dos estudantes para o esquema da orelha humana, explicando como cada parte contribui com o sentido da audição. Se possível, explore a animação sugerida no boxe *#Para saber* + para auxiliar nas explicações.

#Para saber

Como a audição funciona

O vídeo, com cerca de 3 minutos de duração, mostra em uma animação o funcionamento da orelha e da audição humana.
Disponível em: https://www.youtube.com/watch?v=FLUwYCHFVas.
Acesso em: 7 jun. 2022.

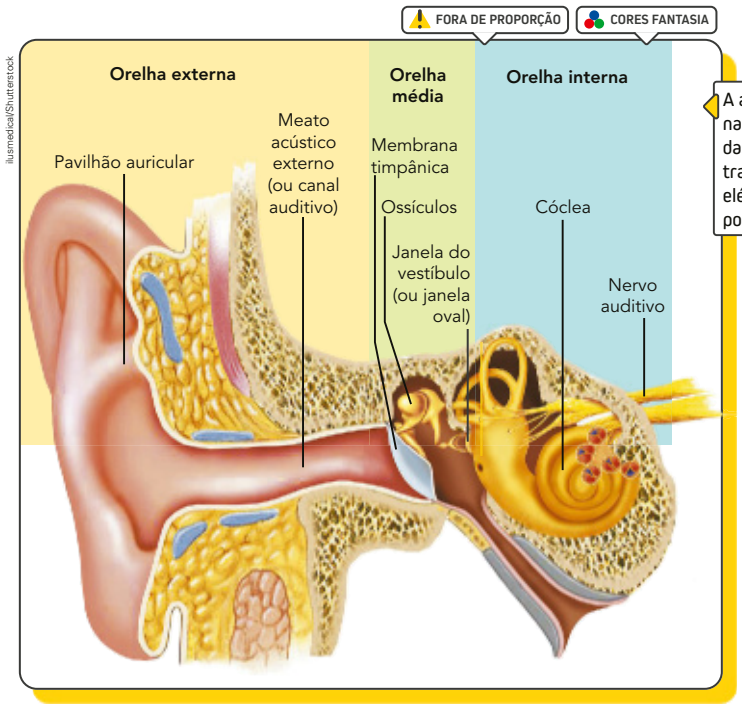
#Atividade complementar

Gerador de frequências

Sugerimos que proponha aos estudantes uma brincadeira que "testará" a audibilidade deles. Procure na internet ou em aplicativos de celular por "gerador de frequência". Esses geradores emitem frequências que usualmente variam entre 20 Hz e 20 000 Hz.
Ligue o gerador e comece com uma frequência mais baixa. Aumente a frequência lentamente, pedindo aos estudantes que deixem a mão levantada enquanto conseguem ouvir o som emitido e a abaixem assim que parem de ouvir. Peça que anotem o valor da frequência em que pararam de ouvir o som.
É comum que percamos um pouco da sensibilidade auditiva com o passar dos anos; então, é bem provável que os jovens consigam ouvir frequências mais altas que os adultos.

A audição humana

As orelhas são as responsáveis por captar o som. A vibração do ar chega até a orelha externa, passando pelo pavilhão auricular e pelo canal auditivo. Seguindo esse percurso, a onda sonora entra na orelha média, onde está localizada uma membrana chamada **membrana timpânica** (ou tímpano).



Elaborado com base em: TORTORA, G. J.; DERRICKSON, B. *Princípios de Anatomia e Fisiologia*. Tradução: Ana Cavalcanti C. Botelho *et al*. 14. ed. Rio de Janeiro: Guanabara Koogan, 2019.

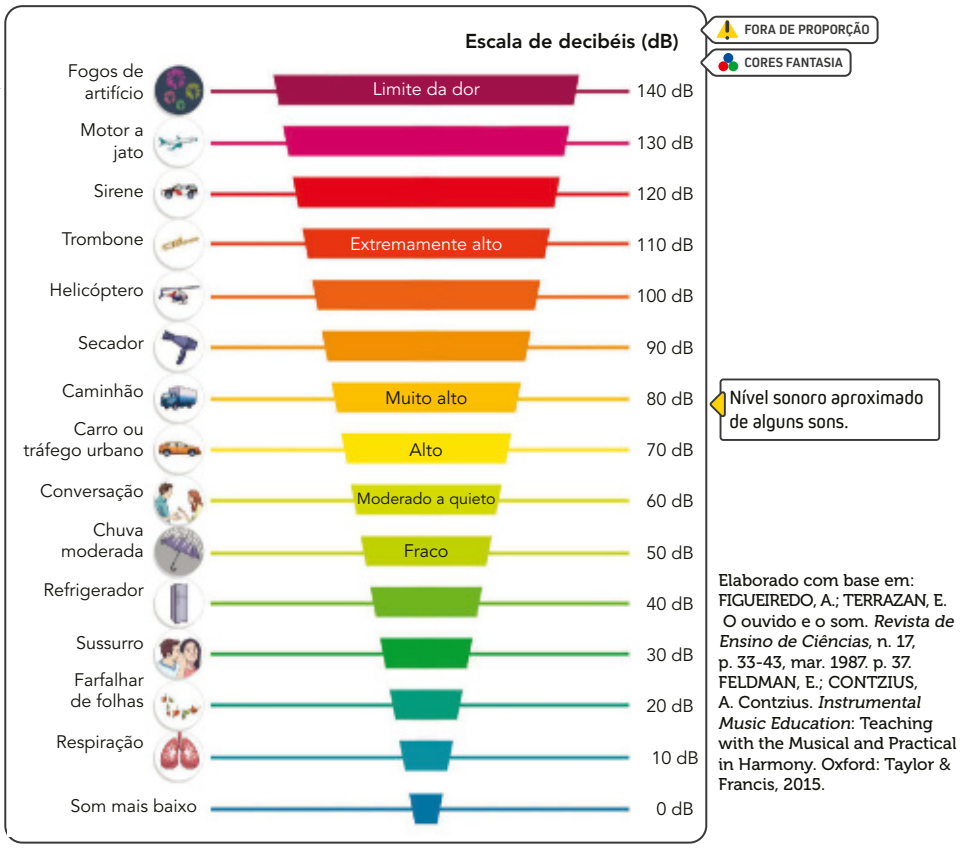
Assim como a membrana da superfície de um tambor vibra quando tocada por um músico, a membrana do tímpano vibra na porção média da orelha com a chegada do som. Essa vibração se dá com a mesma frequência das ondas sonoras e é transmitida aos pequenos ossos (ossículos) que existem na orelha média.

Esses pequenos ossos – martelo, bigorna e estribo – amplificam a onda sonora em sua passagem do ar para o líquido existente na cóclea, já na orelha interna. A oscilação do líquido movimenta receptores auditivos e alcança as células nervosas do nervo auditivo. Essas células transformam a vibração produzida pela onda sonora em sinais elétricos transmitidos até o cérebro. Por fim, o cérebro interpreta esses sinais elétricos como sons.

Uma das questões de atenção para a saúde auditiva é a intensidade dos sons. Quanto mais intenso é o som, maior é a amplitude da vibração. Isso pode causar danos temporários, ou mesmo permanentes, nas orelhas. Em alguns casos, pode até romper o tímpano em razão da grande amplitude do movimento.

Reprodução do Livro do Estudante em tamanho reduzido.

Uma maneira de medir a intensidade sonora é uma escala conhecida como **nível sonoro**. Ela é medida tipicamente em **decibel (dB)**. A imagem a seguir apresenta o valor aproximado do nível sonoro de alguns sons.



Estúdio Onitorrinco/Arquivo da editora

Elaborado com base em: FIGUEIREDO, A.; TERRAZAN, E. O ouvido e o som. *Revista de Ensino de Ciências*, n. 17, p. 33-43, mar. 1987. p. 37. FELDMAN, E.; CONTZIUS, A. Contzius. *Instrumental Music Education*: Teaching with the Musical and Practical in Harmony. Oxford: Taylor & Francis, 2015.

Uma das fragilidades da audição humana são as células receptoras de sons presentes na cóclea. Elas têm um limite de resistência à intensidade sonora: o nível sonoro de 85 dB. Sons mais intensos que esse valor, a depender do tempo de exposição, prejudicam as células sensoriais e podem até causar danos irreversíveis à audição. A tabela a seguir mostra o tempo de exposição a diversos níveis sonoros recomendado pelo Ministério da Saúde brasileiro.

Tempo de exposição a níveis sonoros recomendado

Nível sonoro em dB	Limite de exposição diária
85	8 h
90	4 h
95	1 h 45 min
100	1 h
105	30 min
110	15 min
115	7 min

BRASIL. Ministério da Saúde. *Perda auditiva induzida por ruído*. Disponível em: http://bvsms.saude.gov.br/bvs/publicacoes/protocolo_perda_auditiva.pdf. Acesso em: 5 dez. 2021.

Reprodução do Livro do Estudante em tamanho reduzido.

Orientações didáticas

Sugerimos que explore a escala de decibéis do limiar da audição (0 dB) até o limiar da dor (140 dB). Para aprofundar, explique que essa escala está relacionada à intensidade sonora e foi criada para facilitar a apresentação dos valores, que são números extremamente grandes.

Caso queira comentar, a unidade de medida do nível sonoro é o bel (B) – em homenagem a Alexander Graham Bell –, porém é mais comum o uso do submúltiplo decibel (dB), décima parte do bel.

#Para ler

Dicas para cuidar da saúde auditiva

Existem diversas razões que levam uma pessoa a perder a audição ou desenvolver algum tipo de deficiência. Por isso, separamos 7 dicas para ajudar a prevenir esse problema.

1. Faça o teste da orelhinha

É muito importante que os pais façam o teste da orelhinha logo após o nascimento do filho, para identificar se existe algum problema. [...]

2. Cuidado com sons altos

Uma das principais causas da deficiência auditiva é a Perda Auditiva Induzida por Ruídos (PAIR), por isso é importante tomar muito cuidado. [...]

3. Não use fones de ouvido por muito tempo

É muito comum usarmos fones de ouvido quando queremos nos concentrar em alguma atividade, mas é preciso ter muito cuidado com esses aparelhos. [...]

4. Limpe corretamente seus ouvidos

Diferente do que muitos acreditam, os especialistas não recomendam o uso de hastes flexíveis para limpar o interior do ouvido. [...]

5. Assoe o nariz com mais frequência

É recomendado que você assoe o nariz ao menos duas vezes ao dia. Isso deve ser feito de forma delicada para evitar o rompimento de vasos sanguíneos. [...]

6. Proteja sua audição

Caso você trabalhe em um ambiente que está diretamente relacionado com barulhos altos constantes, como construções, os especialistas recomendam o uso de protetores de ouvido. [...]

7. Visite regularmente o seu otorrino

Mesmo que você não tenha problemas na sua audição é muito importante visitar regularmente o seu médico otorrino para que ele faça todos os exames necessários. [...]

INSTITUTO AUDITIVO. 7 dicas para cuidar da sua saúde auditiva. Disponível em: https://www.institutoauditivo.com.br/7-dicas-para-cuidar-da-sua-saude-auditiva/. Acesso em: 7 jun. 2022.

Orientações didáticas

Ao abordar a poluição sonora, sugerimos que questione os estudantes se eles já ouviram o termo e o que sabem a respeito. Pergunte como eles percebem os barulhos de onde moram e se observam alguma diferença nesses barulhos durante a manhã, a tarde e a noite. É provável que indiquem que geralmente durante a noite os ruídos diminuam e seja possível ouvir barulhos emitidos a maiores distâncias do que nos outros períodos.

O texto da página permite o trabalho com a competência geral 8 e com a competência específica 7 de Ciências da Natureza.

#Atividade complementar

Leis municipais

É provável que o município em que a escola está localizada tenha leis específicas sobre os valores de níveis sonoros máximos permitidos de acordo com a hora do dia e da noite. Sugerimos que organize os estudantes em duplas ou pequenos grupos e proponha que façam uma pesquisa sobre essas leis no município em que se localiza a escola e nos municípios vizinhos. Cada dupla ou grupo deve pesquisar um município.

Após as pesquisas, sugerimos que os resultados sejam apresentados em uma roda de conversa ou em seminários.

Esta atividade mobiliza o Tema Contemporâneo Transversal Cidadania e Civismo, pois os estudantes podem ser incentivados a falar sobre a importância de respeitar as leis e para um convívio saudável em sociedade.

#Para saber

O que é poluição sonora?

O texto trata sobre as fontes de poluição sonora, os efeitos dela e como evitá-la.

Disponível em: https://www.ecycle.com.br/poluicao-sonora/.

A poluição sonora ataca traiçoeiramente o corpo

O texto aborda os efeitos da poluição sonora sobre a saúde psicológica, mental e física das pessoas.

Disponível em: http://labs.icb.ufmg.br/lpf/2-14.html.

Acesso em: 26 abr. 2023.

Poluição sonora

O excesso de ruídos pode afetar a saúde física e mental das pessoas. Por exemplo, o barulho produzido por máquinas de uma fábrica tem nível sonoro em torno de 90 dB. Conforme a tabela anterior, as pessoas só podem estar expostas a sons intensos como esse por até 4 horas diárias. Porém, uma jornada típica de trabalho é de 8 horas diárias. Sendo assim, é obrigatório que as empresas forneçam aos trabalhadores equipamentos de proteção auditiva.

KzenonⓈshutterstock

Trabalhadores em uma fábrica usando equipamentos de proteção individual, como capacetes, luvas e protetores auditivos.

Segundo a Organização Mundial da Saúde (OMS), a poluição sonora e a emissão de sons acima de 65 dB têm efeitos prejudiciais nos seres humanos, podendo causar estresse, depressão, insônia, irritabilidade, cansaço, perda de atenção ou de memória e dor de cabeça, além de perda de audição temporária ou permanente.

A poluição sonora também acarreta prejuízos ao ambiente. Provoca o afastamento de animais, prejudica sua reprodução e pode, até mesmo, ser fatal. Esse afastamento ou morte de animais pode desequilibrar o ecossistema local. Por exemplo, se os ruídos afastarem ou mesmo matarem aves, isso poderá ampliar a população dos insetos e outros seres vivos dos quais as aves se alimentam.

Um problema crescente entre a população humana tem sido a perda auditiva em crianças e adolescentes. Um dos motivos é o uso inadequado de fones de ouvido. Práticos por permitirem que a pessoa ouça sons sem incomodar os outros ao redor, um dos perigos é usá-los em um volume muito elevado e/ou por muito tempo.

O funcionamento do fone de ouvido é o mesmo de uma caixa de som: um sinal elétrico provoca a vibração de uma membrana, que, por sua vez, movimenta o ar, gerando a onda sonora. Quanto maior a amplitude desse movimento de vibração, maior a intensidade e o nível sonoro da onda.

Como já estudamos, a intensidade sonora vai diminuindo com a distância em relação à fonte do som. Isso porque a onda sonora vai se propagando por regiões cada vez maiores e perdendo amplitude. É a mesma lógica da gota que cai na superfície da água e provoca ondulações. As perturbações mais distantes são círculos mais espalhados e de menor amplitude. É por isso que conseguimos ouvir uma pessoa sussurrando próxima a nós, mas não escutamos seu sussurro a dezenas de metros de distância.

Reprodução do Livro do Estudante em tamanho reduzido.

O perigo dos fones de ouvido é que um nível sonoro de 105 dB, por exemplo, só é suportável sem maiores danos se a exposição ao som não for superior a 30 minutos por dia. Embora essa possa parecer uma intensidade sonora alta demais para aparelhos de som comuns, como o fone fica muito próximo da orelha, e alguns modelos até mesmo adentram no canal auditivo, os sons podem chegar ao sistema auditivo com mais intensidade em comparação com modelos de fones de ouvido que cobrem e ficam externos às orelhas.

Hit Stop Media/Shutterstock

Alguns modelos de fones de ouvido. Os que adentram no canal auditivo são os que oferecem mais riscos à saúde. Mesmo assim, a principal variável que influencia na segurança do uso dos fones é o nível sonoro, ou seja, o volume do som.

#Para refletir

NÃO ESCREVA NO LIVRO

1. Você costuma usar fones de ouvido com frequência?
2. Na sua opinião, o nível sonoro com que você ouve áudios com fones de ouvido é adequado?
3. Depois de usar fones de ouvido, você já ficou com dor de cabeça, cansado, irritado, com dificuldade de audição ou ouvindo um zumbido?

1, 2 e 3. Respostas pessoais. Consulte as Orientações didáticas.

Colocando a fonte sonora dentro do canal auditivo, a proximidade com a membrana timpânica e as células receptoras dos sons é muito grande e, por conta disso, a intensidade sonora também é grande. Dores de cabeça, cansaço e irritação podem ser fruto do uso inadequado de fones de ouvido, assim como a perda gradativa de audição em algumas faixas de frequência.

Com a idade, o ser humano naturalmente vai perdendo sensibilidade auditiva, mas, quando se está sujeito à poluição sonora, essa perda se acelera. Quando a perda tem início ainda na infância ou na adolescência, essa situação é, de fato, mais preocupante.

O trânsito das grandes cidades e o barulho de máquinas, como cortadores de grama e britadeiras, também constituem graves problemas de poluição sonora, sobretudo porque são constantes ao longo dos dias. A exposição a esses ruídos intensos pode causar ou amplificar quadros de estresse ou depressão, o que nos faz voltar às perguntas feitas no início do capítulo, no boxe **#Para iniciar**: Quais sensações você associa aos sons da natureza? Quais sensações você associa aos sons de uma grande cidade? Qual dessas opções de som você acha mais agradável? Por quê? Você se lembra de suas respostas a essas perguntas feitas no início do capítulo?

Ruslan Huzau/Shutterstock

Em geral, os sons da natureza são menos intensos do que os sons urbanos.

Reprodução do Livro do Estudante em tamanho reduzido.

Orientações didáticas

Nesse momento, sugerimos que reforce os perigos do uso de fones de ouvido, principalmente os intra-auriculares, com nível sonoro muito intenso. Para entender a relação dos estudantes com o uso de fones de ouvido, sugerimos que promova uma discussão com a turma a partir dos questionamentos do boxe *#Para refletir*. Assim, propicia-se o trabalho com as competências específicas 3 e 7 de Ciências da Natureza e a competência geral 8.

#Para refletir

É possível que os estudantes reconheçam que em alguns momentos o nível sonoro dos áudios que ouvem não é adequado e que isso tenha causado algum prejuízo temporário à saúde deles. A partir das reflexões estimuladas por meio das atividades, eles podem se conscientizar da importância de não ouvir músicas ou outros sons em volumes elevados.

1. Caso os estudantes respondam de forma afirmativa, incentive-os a falar sobre os tipos de fones de ouvido que utilizam.
2. Resposta pessoal. Espera-se que os estudantes compreendam que não é adequado ouvir áudios em níveis sonoros muito altos. Pergunte também aos estudantes se sabem o número do "volume" em que costumam ouvir os áudios, que geralmente varia de 0 a 100.
3. Utilize esta questão para verificar se os estudantes já tiveram algumas dessas sensações após o uso dos fones de ouvido. Reforce com eles, nesse momento, sobre esses perigos.

#Atividade complementar

Decibelímetro

Caso a escola disponha de um decibelímetro (aparelho para medir o nível sonoro), peça aos estudantes que meçam o nível sonoro em sala de aula, em outras partes da escola, na rua em frente à escola, etc. Depois, peça que comparem os valores obtidos com as indicações da tabela de escala de decibéis apresentada no capítulo.

#Para ler

Barulho na escola irrita 70% dos estudantes

[...]

Pesquisa realizada pela Unicamp com estudantes, de 6 a 14 anos, de escolas municipais, estaduais e particulares apontou que mais de 70% deles estavam insatisfeitos com o nível de ruído em sala de aula. Além disso, para 99,2% dessas crianças e adolescentes, as maiores fontes de barulho na escola são os próprios colegas.

A barulheira das crianças tem efeito cascata. Uns gritam para fazer sua voz ser ouvida em meio ao barulho de outros alunos. E o professor, por sua vez, é obrigado a falar ainda mais alto em uma tentativa de se fazer compreender; sem falar no arrastar de cadeiras e nos ruídos externos, como o do trânsito, por exemplo. Tudo isso junto tira a concentração dos alunos, atrapalha o raciocínio e ainda traz riscos à audição. [...]

De acordo com a Associação Brasileira de Normas Técnicas (ABNT) o limite de barulho dentro da sala de aula é de 40 a 50 decibéis. Porém, no dia a dia, o ruído chega a atingir 80 decibéis, principalmente em salas com mais de 25 estudantes. Além disso, o ruído no pátio, na hora do recreio, pode chegar a alarmantes 100 decibéis. [...]

BARULHO na escola irrita 70% dos estudantes. *Bem Paraná*, 2 set. 2019. Disponível em: https://www.bemparana.com.br/noticia/barulho-na-escola-irrita-70-dos-estudantes#.XXP3lShLjIV. Acesso em: 7 jun. 2022.

Orientações didáticas

Ao abordar o conteúdo da página, sugerimos que comente sobre a importância da prática científica e da produção de conhecimento científico. Reforce que esse "fazer ciência" não é algo isento de motivações, pois sempre está inserido em um contexto pessoal e sociocultural, com influências políticas, econômicas, religiosas, etc.

#A ciência é feita por pessoas

Este boxe busca destacar os grandes nomes por trás das pesquisas e descobertas científicas, bem como o contexto histórico no qual elas foram realizadas.

Conhecer História e Filosofia da Ciência é fundamental para a compreensão de que a ciência é um processo dinâmico e mutável, relacionado com diversos fatores do cotidiano, da dinâmica da natureza, e que seus diversos conceitos foram desenvolvidos com base nas metodologias científicas, levando em consideração os conhecimentos adquiridos posteriormente em uma cultura ou pela comunidade científica.

Sugerimos que realize a leitura do texto apresentado neste boxe em conjunto com toda a turma, parando sempre que observar algum ponto importante para aprofundar ou que os estudantes tenham dúvidas ou queiram compartilhar alguma experiência a respeito do tema.

#Para saber

Gordon Hempton
Lista de reprodução que apresenta alguns dos áudios gravados por Gordon Hempton.
Disponível em: https://open.spotify.com/artist/4p7QBgsfEspRLkQOr7xwvW. Acesso em: 7 jun. 2022.

#A ciência é feita por pessoas

Fazer ciência envolve muitas motivações, até mesmo dos próprios cientistas. Há motivações econômicas, como participar de pesquisas em áreas bastante financiadas por governos e empresas com o objetivo de receber retorno financeiro e prestígio. Foi o caso de pesquisas sobre energia elétrica no século XIX. Mas, também, há motivações humanitárias, como salvar a vida de pessoas com o desenvolvimento de vacinas contra a covid-19 no início da década de 2020; ou motivações em razão de conflitos militares, por exemplo, pesquisar possibilidades de armas para vencer uma guerra, como no caso da bomba atômica na época da Segunda Guerra Mundial; e motivações ambientais, como pesquisar modos de proteção da natureza.

Entre tantas motivações, há cientistas que se tornam ativistas, ou seja, passam a defender publicamente um conhecimento ou argumento em prol de uma causa. Há, por exemplo, ativistas que querem demonstrar a importância das vacinas para salvar vidas, combatendo notícias falsas e buscando conscientizar a população de seus benefícios.

O trecho de texto a seguir apresenta um pouco do ativismo de Gordon Hempton (1953-), um ambientalista acústico estadunidense que coleta e estuda sons da natureza.

A luta para preservar 'o som mais ameaçado do mundo'.

Antes de continuar a ler, feche os olhos e ouça por um momento.

Você escutou o som de algum eletrodoméstico próximo? Ou o barulho distante de um avião passando? Quem sabe a buzina de um carro na rua?

O que você provavelmente não ouviu foi o silêncio, e se você perguntar a Gordon Hempton, isso é um problema. [...]

O som que Hempton está mais preocupado em preservar é o mais ameaçado de todos: o silêncio.

'Por que salvar o silêncio?', sussurra Hempton, enquanto segura um medidor de decibéis e olha para o alto de coníferas *Pseudotsuga menziesii* de 500 anos, cobertas de musgo, na floresta tropical de Hoh, no Olympic National Park, no Estado de Washington (EUA).

'O aquecimento global não é mais importante? E a limpeza de resíduos tóxicos e a restauração de habitats e espécies ameaçadas de extinção? Bem, quando você salva o silêncio, na verdade acaba salvando todo o resto também', afirma.

Para Hempton, o silêncio não é a ausência de som, mas o silenciamento dos toques de celular, dos motores, das britadeiras – da poluição sonora produzida [pela humanidade] que tomou conta do planeta.

Em um mundo cada vez mais barulhento, este homem de 68 anos [em 2021] passou a maior parte da vida falando em prol do silêncio. [...]

Enquanto campanhas ambientais avançam, a causa do combate à poluição sonora gera pouco barulho [...]. Podemos ver restos de lixo no chão e sentir o cheiro de toxinas no ar e na água. O barulho, por outro lado, é uma ameaça mais **insidiosa**. É invisível, desaparece sem deixar rastros e nada a ser limpo.

Mas assim como nós, humanos, poluímos a terra com nosso lixo e o mar com nosso esgoto, também estamos poluindo o planeta com a exposição sustentada a sons produzidos pelo homem, como obras de construção e tráfego aéreo e rodoviário.

[...]

Insidiosa: que arma ciladas, que induz ao erro; traiçoeira, sorrateira.

Reprodução do Livro do Estudante em tamanho reduzido.

#Para ler

Os ativistas pelo silêncio

[...]

[Gordon] Hempton contribui para "A lista dos últimos lugares silenciosos". De acordo com o cientista, nos Estados Unidos restam apenas 12 destes e nenhum deles é preservado pelo Estado. "A medida moderna do silêncio é contar os intervalos sem barulho. Achamos que esse intervalo tem de ser contado em horas, no caso de lugares distantes no planeta e também em lugares isolados como o Olympic National Park", referindo-se ao parque do qual é vizinho, em Washington, e pelo qual criou a fundação One Square Inch of Silence.

Na Alemanha a causa tem milhares de adeptos. Lá os ativistas do silêncio seguem em uma luta que se arrasta por dois anos tentando ser ouvidos sobre aquilo que ouvem, sem querer, todos os dias. Centenas, talvez milhares vão às ruas, aeroportos, estações de trem e prédio da administração pública para reivindicar... silêncio. Cidades ao longo do Vale do Reno, Frankfurt, Berlim, Leipzig e Colônia, todas sofrem com o barulho violento e incessante de aviões, carros e trens todos os dias, dia e noite. Os alemães reivindicam um problema vivido por toda cidade grande que, além de incomodar, faz mal à saúde.

[...]

De acordo com um estudo da Organização Mundial de Saúde (OMS), os efeitos da exposição a longo prazo à poluição sonora ambiental – que incluem ataques cardíacos, aumento da pressão arterial, derrames, diabetes, demência e depressão, entre outras coisas – podem ser responsáveis pela perda de mais de 1 milhão de anos de saúde plena entre os europeus ocidentais.

Da mesma forma, a Agência Europeia do Meio Ambiente descobriu que a poluição sonora ambiental contribui para 48 mil casos de doenças cardíacas e 12 mil mortes prematuras em todo o continente a cada ano.

Nossas investidas acústicas também estão devastando o mundo natural. Na verdade, um relatório publicado na revista científica The Royal Society's Biology Letters mostrou que a poluição sonora ameaça a sobrevivência de mais de 100 espécies animais diferentes.

Uma vez que os animais dependem do som para tudo, desde encontrar um companheiro, migrar, caçar e evitar predadores, vários estudos estão revelando como o barulho feito [pelos humanos] está tornando a vida de todo mundo muito mais miserável do que pensávamos anteriormente.

O barulho do trânsito eleva os batimentos cardíacos da lagarta da borboleta. O ruído distante das estações de compressão de gás torna difícil para as corujas localizarem suas presas. [...]

O barulho dos navios, da mineração em alto-mar e de pesquisas sísmicas é a causa mais provável do encalhe em massa de golfinhos e baleias, e está relacionado ao fato de cardumes inteiros desenvolverem estresse, perda auditiva e doenças crônicas.

Quando olhamos para os ecossistemas mais saudáveis que existem hoje em nosso planeta, descobrimos que eles também são os lugares mais silenciosos, diz Hempton.

Quando Hempton afirma que salvando o silêncio, você acaba salvando todo o resto, é exatamente isso que ele quer dizer – paisagens sonoras saudáveis sustentam ambientes saudáveis, e se começássemos a tratar o barulho como a trilha sonora das mudanças climáticas e a poluição sonora como poluição, haveria efeitos enfáticos em todos os seres vivos, incluindo nós mesmos.

'Estamos muito ocupados tentando ver o mundo, mas ouvir é o que conta a história real de um lugar', diz Hempton.

STEIN, E. A luta para preservar "o som mais ameaçado do mundo". *BBC Travel*, 7 nov. 2021. Disponível em: https://www.bbc.com/portuguese/vert-tra-58425134. Acesso em: 5 dez. 2021.

Reprodução/Quiet Parks International

Gordon Hempton deu a volta ao mundo três vezes procurando e documentando paisagens sonoras naturais cada vez mais raras no planeta.

Reprodução do Livro do Estudante em tamanho reduzido.

Para o presidente da agência ambiental alemã (UBA), Jochen Flasbarth, a ausência de silêncio não é problema só dos alemães. "O barulho é o problema biológico mais grave e subestimado da Alemanha." A exposição prolongada a barulhos acelera o batimento cardíaco, aumenta a pressão sanguínea e, por isso, gera problemas vasculares. Segundo estimativas da UBA, a falta de silêncio nas cidades é responsável por quase 4 mil casos de ataques cardíacos no país.

Já segundo um estudo da Comissão Europeia, que analisou 5 mil pessoas que moravam em áreas próximas a aeroportos, a cada 10 decibéis a mais percebidos durante a noite, o risco de aumento de pressão sobe em 14%. A população de outras cidades quando não reclama do trem, reclama dos carros ou dos aviões. Em Wiesbaden e Mainz, os habitantes organizam passeatas contra o Aeroporto de Frankfurt, o mais movimentado do país. Tanto barulho – feito pelos cidadãos – resultou em respostas vagas do governador da região, Volker Bouffier, que declarou a importância de "silenciar" o aeroporto. Até a chanceler Angela Merkel se deparou com uma manifestação e se viu obrigada a dar algum posicionamento: "temos de fazer algo sobre isso".

[...]

RONCOLATO, M. Os ativistas pelo silêncio. *Revista Galileu* (*on-line*). Disponível em: http://revistagalileu.globo.com/Revista/Common/0,,ERT343864-17770,00.html. Acesso em: 7 jun. 2022.

Orientações didáticas

Sugerimos que trabalhe as atividades do boxe *#Para interpretar* referentes ao texto das páginas anteriores antes de avançar para o estudo do tópico *#O eco e suas aplicações*. O texto e as questões na sequência contribuem para o desenvolvimento das competências específicas 1, 4, 5 e 8 de Ciências da Natureza e das competências gerais 7 e 10. A narrativa mitológica de Eco propicia o trabalho com a competência geral 3.

#Para interpretar

1 a **3**. As respostas às questões propostas estão no Livro do Estudante.

4. Resposta pessoal. Sugerimos que incentive os estudantes a refletir sobre sua rotina e os ruídos que produzem. Peça que façam uma lista desses ruídos. Posteriormente, oriente-os a conversar sobre as listas que fizeram e a pensar em ações para reduzir os ruídos listados. Algumas ações possíveis: não fazer uso desnecessário de buzinas, apitos ou outras fontes sonoras intensas; reduzir o uso de carro particular; optar por eletrodomésticos mais silenciosos.

#Para saber

A importância do silêncio para o autoconhecimento

O vídeo, com 12 minutos de duração, apresenta uma palestra sobre a importância do silêncio para o conhecimento do nosso próprio emocional. Disponível em: https://www.youtube.com/watch?v=exYf8BKh6Ac. Acesso em: 7 jun. 2022.

Na abordagem sobre o eco, sugerimos que inicie questionando os estudantes o que entendem sobre o termo e se já tiveram experiência de produzir ecos. Em caso afirmativo, peça que compartilhem sua experiência com os colegas. Em seguida, faça a leitura coletiva do texto com os estudantes.

#Para interpretar

NÃO ESCREVA NO LIVRO

1. O que Gordon Hempton entende por salvar o silêncio? É a ausência completa de som?
2. Por que salvar o silêncio estaria relacionado com o combate ao aquecimento global ou à extinção de espécies?
3. Dê exemplos de problemas causados a outros seres vivos pelo barulho produzido por seres humanos.
4. Se possível, analise as suas atividades diárias e a de sua comunidade em relação ao barulho que vocês fazem e reflita: O que você poderia fazer de modo diferente para reduzir prejuízos ao ambiente?

4. Resposta pessoal. Consulte as Orientações didáticas.

1. Não é a ausência completa de som, mas a preservação dos sons da natureza sem a interferência humana, sem o barulho de toques de celular, motores ou britadeiras, por exemplo.

2. Porque as atividades que destroem o silêncio da natureza estão ligadas ao desmatamento e à emissão de gases intensificadores do efeito estufa e de outros resíduos tóxicos no solo e nas águas. Ao salvar o silêncio, não haveria essas atividades.

3. O barulho de navios, da mineração em alto-mar e de pesquisas sísmicas podem provocar o encalhe de baleias e golfinhos e ocasionar doenças crônicas em cardumes de peixes.

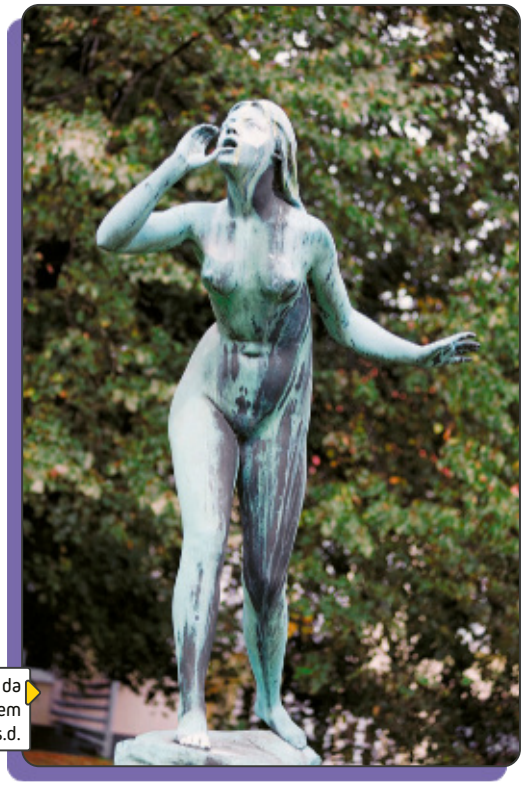
O eco e suas aplicações

Você já se deparou com uma situação em que falou ou gritou e, instantes depois, ouviu novamente o som que emitiu? É algo que pode acontecer diante de um grande paredão de pedra, uma caverna ou em uma construção bastante ampla e sem móveis. O nome disso é **eco**.

Na mitologia grega, Eco era uma **ninfa** da montanha castigada pela deusa Hera. Em razão do castigo, Eco ficou impedida de falar, mas condenada a sempre repetir o que os outros diziam a ela. Após uma decepção amorosa, Eco se refugiou em uma caverna e, quando alguém falava em frente à caverna, ouvia novamente a própria voz sendo emitida. Essa é a origem da palavra que utilizamos ainda hoje para quando acontece a repetição de um som.

Cientificamente, a explicação é que a onda sonora emitida pela fonte bate em um obstáculo e retorna para a fonte emissora do som, ou seja, é refletida pelo obstáculo. Se a distância for maior do que 17 m, há tempo suficiente para distinguirmos o som da onda que retornou do som que emitimos.

▲ **Ninfa:** divindade dos rios, selvas ou montanhas.



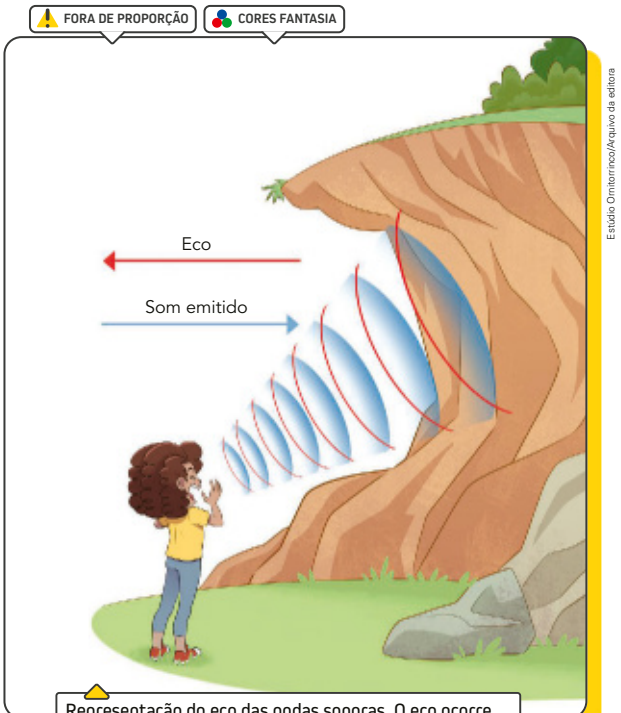
Paul Carstairs/Alamy/Fotoarena

Escultura de 1888 da ninfa grega Eco, em Odense, Dinamarca, s.d.

Reprodução do Livro do Estudante em tamanho reduzido.

Animais como golfinhos e morcegos utilizam o eco para se localizarem. Para isso, emitem sons que vão bater em obstáculos e retornar a eles. Pelo tempo que demorou para o eco retornar, esses animais conseguem estimar a distância ou a posição do que refletiu o som. Essa capacidade biológica é chamada de **ecolocalização**.

Muitos animais, incluindo os seres humanos, são incapazes de ouvir as ondas sonoras emitidas por golfinhos ou morcegos, pois elas têm frequência elevada, na faixa dos ultrassons. Entretanto, uma das presas típicas de morcegos, as mariposas, são capazes de ouvir sons na faixa de 20 000 Hz a 60 000 Hz, que é a faixa emitida pelos morcegos. Essa é uma vantagem em termos de adaptação e sobrevivência das mariposas, que, assim, podem perceber a presença de morcegos e tentar fugir, aumentando as chances de sobrevivência.



Representação do eco das ondas sonoras. O eco ocorre quando a distância até o obstáculo é superior a 17 m.

Uma tecnologia desenvolvida com base no mesmo princípio utilizado pelos golfinhos e morcegos é o **sonar**. O sonar foi desenvolvido a partir da ideia de detectar obstáculos no mar depois de ter ocorrido o naufrágio do navio Titanic, em 1912, por ter se chocado com um *iceberg* não avistado. A Primeira Guerra Mundial, que ocorreu entre 1914 e 1918, impulsionou o desenvolvimento de sonares acoplados aos navios com o objetivo de detectar submarinos. Hoje, o sonar é usado para a detecção de cardumes de peixes ou para mapear o fundo dos oceanos.

Sonar: sigla, em inglês, para *Sound Navigation and Ranging*. Traduzindo para a língua portuguesa: Navegação e Determinação da Distância pelo Som.

Representação esquemática de um morcego emitindo ondas sonoras de ultrassom para detectar a posição de sua presa.

Reprodução do Livro do Estudante em tamanho reduzido.

Orientações didáticas

Continuando a abordagem sobre o tema, sugerimos que explore o esquema que representa a formação do eco das ondas sonoras, explicando que se trata da reflexão do som ao encontrar um obstáculo. Para aprofundar o tema, você pode comentar que, devido à sensibilidade da orelha humana, somos capazes de distinguir dois sons somente se o intervalo de tempo entre a emissão deles for de ao menos um décimo de segundo (0,1 s). Dessa forma, considerando que a velocidade do som no ar é de aproximadamente 340 m/s, o eco só acontece se o obstáculo estiver a pelo menos 17 m de distância da fonte emissora do som.

Em seguida, você pode comentar a ecolocalização e reforçar que nossas orelhas são sensíveis a apenas uma faixa de frequência, portanto não somos capazes de ouvir algumas frequências das ondas emitidas por alguns animais.

#Para ler

Veja como funciona a ecolocalização – o sonar inerente da natureza

[...]

O sistema de sonar próprio da natureza é denominado ecolocalização e ocorre quando um animal emite uma onda sonora que rebate em um objeto, produzindo um eco que fornece informações sobre a distância e o tamanho desse objeto.

Mais de mil espécies empregam a ecolocalização, incluindo a maioria dos morcegos, todos os odontocetos e pequenos mamíferos. Muitos são animais noturnos, escavadores e marinhos que dependem da ecolocalização para encontrar alimento em um ambiente com pouca ou nenhuma luz. Os animais possuem diversos métodos de ecolocalização, desde a vibração da garganta até o bater das asas.

Guácharos noturnos e algumas espécies de salanganas, que caçam em cavernas escuras, "produzem curtos estalidos com sua siringe, o órgão vocal das aves", explica por *e-mail* Kate Allen, pós-doutoranda do Departamento de Estudos Psicológicos e Cerebrais da Universidade John Hopkins.

Algumas pessoas também podem fazer uso da ecolocalização estalando suas línguas, comportamento compartilhado apenas por alguns outros animais, incluindo o tenrecídeo, um animal parecido com o musaranho de Madagascar, e o *Typhlomys chapensis*, espécie completamente cega.

[...]

LANGLEY, L. Veja como funciona a ecolocalização – o sonar inerente da natureza *National Geographic Brasil*, 10 fev. 2021. Disponível em: https://www.nationalgeographicbrasil.com/animais/2021/02/veja-como-funciona-a-ecolocalizacao-o-sonar-inerente-da-natureza. Acesso em: 8 jun. 2022.

Orientações didáticas

O conteúdo desta página mobiliza o desenvolvimento da habilidade EF09CI07, especificamente na discussão das ondas ultrassônicas e sua importância para a saúde humana, nos diversos exames em que podem ser usadas.

Inicialmente, sugerimos que explore as aplicações apresentadas na página e enfatize a importância dos conhecimentos científicos para o avanço da sociedade. Um conhecimento que em determinado momento da história pode parecer sem utilidade prática, com o avanço tecnológico poderá vir a ter aplicabilidades. Dessa forma, é importante reforçar a valorização do conhecimento.

Em seguida, reforce que os exames que utilizam ultrassons são muito importantes por não serem prejudiciais à saúde. Eles são uma alternativa aos variados tipos de exames de imagens diagnósticas, alguns dos quais conheceremos melhor em capítulos posteriores desta unidade.

#Para saber

Ultrassonografia
O vídeo, com cerca de 4 minutos de duração, trata sobre a ultrassonografia obstétrica, mostrando a experiência de um casal com o exame.
Disponível em: https://www.youtube.com/watch?v=7zuDupns50E.
Acesso em: 17 maio 2022.

Assim como na ecolocalização, os sonares emitem um ultrassom e detectam seu retorno depois de refletirem em algum obstáculo. Com o tempo decorrido entre a emissão e a captação da onda sonora, é possível calcular computacionalmente a distância até o obstáculo.

Atualmente, técnicas computacionais são capazes de transformar os sinais refletidos em imagem. Essas técnicas também são usadas em exames e tratamentos médicos. É o caso da **ultrassonografia**, também chamada de ecografia. Nela, um ultrassom com frequência superior a 1 MHz permite obter imagens de estruturas internas do organismo ou visualizar o feto em uma gestação, possibilitando acompanhar o desenvolvimento dele.

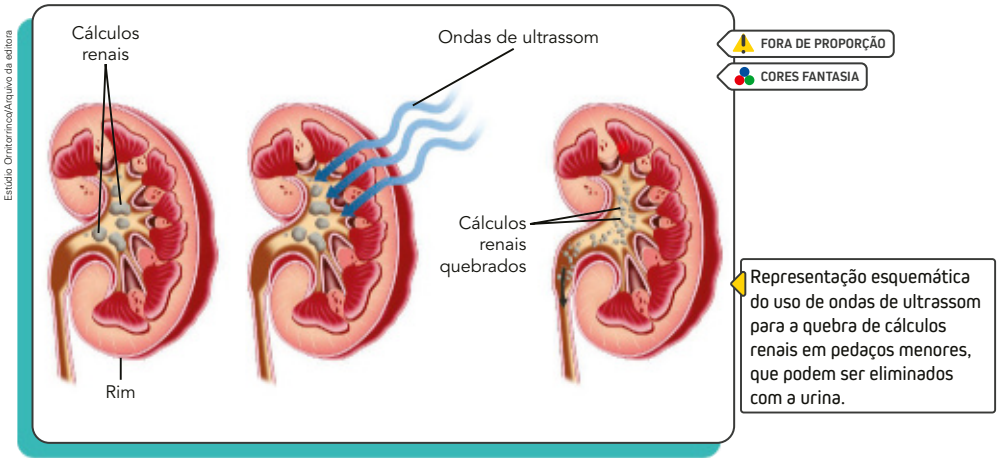
Monkey Business Images/Shutterstock

Ecografias são muito comuns para acompanhar o desenvolvimento de fetos. Elas permitem visualizar o interior do corpo humano de uma forma não invasiva e sem grandes riscos.

O ultrassom também faz parte de tratamentos de fisioterapia, acelerando a cura de lesões musculares. Outra aplicação médica é para o tratamento de cálculos renais, também chamados popularmente de pedras no rim.

Nos rins, pode acontecer de sais se acumularem e se unirem, formando cálculos de tamanhos variados que aderem ao órgão. Além da detecção dos cálculos poder ser feita por meio de exame de ultrassom, o tratamento também pode ser realizado com ondas ultrassônicas.

Essa técnica, chamada litotripsia ultrassônica, consiste em usar ondas de ultrassom para bombardear os cálculos renais. A energia transportada pela onda é selecionada para quebrar os cálculos em pedaços menores, que, assim, podem ser eliminados pela urina, sem causar danos ao sistema urinário.



Estúdio Ornitorrinco/Acervo da editora

Representação esquemática do uso de ondas de ultrassom para a quebra de cálculos renais em pedaços menores, que podem ser eliminados com a urina.

Elaborado com base em: SILVERTHORN, D. U. *Human Physiology*: an integrated approach. 5th ed. San Francisco, California: Pearson Education, 2010.

Reprodução do Livro do Estudante em tamanho reduzido.

Consulte as Orientações didáticas para respostas e comentários das atividades.

#ATIVIDADES

NÃO ESCREVA NO LIVRO

1. As atividades de produção, transmissão e recepção do som já se modificaram muito na história da humanidade. Nos primórdios, exemplos de forma de produção típica eram a fala, o grito ou a batida de palmas. A transmissão só era possível a alguns metros de distância e a recepção dependia de um ouvinte próximo no mesmo instante em que o som era produzido. Desenvolvimentos científicos, tecnológicos e sociais foram modificando essa condição. Um exemplo foi o telefone, que permitiu a captação do som, sua conversão por um sinal elétrico transmitido por fios e sua conversão em som novamente do outro lado da linha de modo que possibilitou a recepção simultânea por um ouvinte, que podia estar a milhares de quilômetros de distância.

   Cite outras invenções relacionadas com a produção, transmissão ou recepção do som que revolucionaram os sistemas de comunicação humana.

2. A dor de garganta é, geralmente, um sintoma da inflamação da faringe ou da laringe. Quando uma pessoa tem dor de garganta, ela pode também ter alteração na voz. Por que isso pode ocorrer?

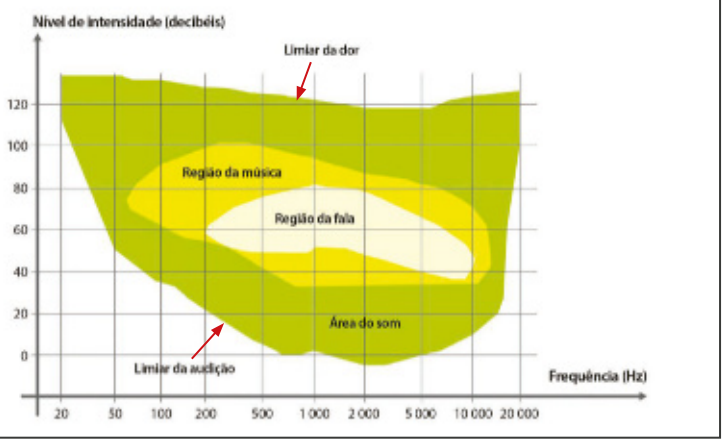
3. As vozes dos cantores podem ser divididas em várias categorias. A voz masculina mais aguda é a dos tenores, com frequência entre 131 Hz e 494 Hz. A voz feminina mais aguda é a das sopranos.
   a) A faixa de frequência das sopranos atinge valores maiores ou menores que a dos tenores?
   b) Que fatores explicam a diferença na frequência dos sons produzidos pelas pregas vocais de pessoas do sexo masculino e feminino?

3. **a)** Maiores, pois a voz feminina tende a ser mais aguda que a masculina. No caso das sopranos, a frequência da voz está situada entre 247 Hz e 1145 Hz.
3. **b)** O comprimento e a espessura das pregas vocais, que tendem a ser menores nas mulheres, o que ocasiona sons de maior frequência (mais agudos).

4. Explique como ocorre a captação de som pelas orelhas humanas.

5. A audição humana é capaz de detectar sons entre 20 Hz e 20 000 Hz, mas isso não se dá de maneira igual para qualquer nível de intensidade sonora. Sons de 20 Hz, por exemplo, têm que ser muito intensos, acima de 110 dB, para serem audíveis. O gráfico a seguir mostra a área do som audível para humanos, assim como a região da voz humana.

Região de nível sonoro e frequência audível ao ser humano



R2 Editorial/Arquivo da editora

Elaborado com base em: LACERDA, M. F. *Qualidade acústica da sala de aula*: uma avaliação pelos alunos. 2018. Dissertação (Mestrado em Ensino de Física) – Instituto de Física, Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2018. p. 16.

Reprodução do Livro do Estudante em tamanho reduzido.

Orientações didáticas

O grupo de atividades presente na página permite ampliar e desenvolver a habilidade EF09CI05, pois trabalha conceitos relacionados a ondas que permitiram o desenvolvimento de sistemas de comunicação.

Sugerimos que selecione algumas atividades para que sejam feitas em sala de aula e outras em casa com a ajuda de familiares ou responsáveis. Separe alguns minutos de sua próxima aula para realizar a correção das atividades e verificar possíveis defasagens de conteúdo. Caso julgue necessário, faça uma revisão dos conteúdos abordados até o momento.

As atividades poderão ser feitas após toda a discussão teórica, servindo, assim, como uma forma de avaliação somativa.

#Atividades

1. Os estudantes podem citar os aparelhos de rádio, a televisão, que além de som transmite imagens, por exemplo. Outras possibilidades de resposta são os instrumentos musicais, o microfone, o alto-falante, a gravação magnética em fitas cassete e, posteriormente, em HD de computadores, e os telefones móveis (celulares).
2. Porque a inflamação da faringe ou da laringe modifica a forma como o ar passa pelo aparelho fonador da pessoa. Com isso, a frequência ou o formato dos sons emitidos pode se alterar, gerando, por exemplo, uma voz mais grave ou com timbre diferente.
3. **a**, **b)** As respostas às questões propostas estão no Livro do Estudante.
4. Resumidamente, a vibração das ondas sonoras movimenta o tímpano, que transmite essa vibração para os ossículos na orelha média. Destes, o movimento alcança as células sensoriais da orelha interna, onde a energia mecânica da onda é transformada em sinais elétricos que são enviados ao cérebro pelo nervo auditivo. No cérebro, esses sinais são interpretados como som.

Orientações didáticas

#Atividades

O grupo de atividades presente na página permite ampliar e desenvolver a habilidade EF09CI05, pois trabalha conceitos relacionados a ondas que permitiram o desenvolvimento de sistemas de comunicação humana.

A **atividade 6** favorece o desenvolvimento da inferência textual, pois apresenta um texto que exige interpretação. Também trabalha a competência específica 8 de Ciências da Natureza e as competências gerais 4 e 10.

5. As respostas às questões propostas estão no Livro do Estudante.

NÃO ESCREVA NO LIVRO

a) Um som de 80 dB pode ser ouvido pelo ser humano em qual faixa de frequência?

5. a) Entre cerca de 35 Hz e 20 000 Hz.

b) O limite da dor indica a máxima intensidade que um som pode ser ouvido sem que o estímulo cause dor ao ouvinte. Qual o valor aproximado do nível sonoro para o limite da dor em humanos?

5. b) 120 dB. Para as frequências mais baixas, o limite da dor é um pouco superior, mas sem nunca atingir 130 dB.

c) Em que condições um som de 20 000 Hz é audível?

5. c) Se o nível sonoro for superior a 100 dB, ou seja, apenas se o som for muito intenso.

d) A região de intensidade e frequência da voz humana é similar à área de som audível?

5. d) Não. A região da voz é bem menor que a área audível, e as bordas das regiões também não são similares.

6. Leia o trecho do texto a seguir, que trata do uso de fones de ouvido e dos riscos à audição.

> **Uso de fone de ouvido por crianças pode causar danos à audição**
>
> **Médicos recomendam utilização do acessório com volume baixo e durante poucas horas por dia para preservar a saúde auditiva**
>
> É cada vez mais comum ver crianças trocarem a televisão por telas menores, como *tablets* ou celulares, para assistir a vídeos ou ouvir músicas. Essa mudança resultou em um uso mais frequente de fones de ouvido, hábito que pode ser prejudicial à saúde auditiva infantil.
>
> Segundo a OMS [...], o uso excessivo do acessório pode fazer com que uma em cada quatro pessoas tenha algum problema auditivo até 2050.
>
> O pediatra Nelson Douglas Ejzenbaum, membro da Academia Americana de Pediatria, explica que existem formas seguras de utilizar o fone de ouvido. 'O risco é diminuir a audição; então, é importante evitar o uso frequente do acessório ou utilizá-lo sempre por um curto período de tempo.' [...]
>
> 'O uso excessivo pode danificar as células internas do ouvido, o que é algo irreversível, e não existe forma de tratar para melhorar a audição nesses casos. Os danos causados pelo fone são similares aos de pessoas que trabalham em ambientes com muito barulho', diz Melissa [Avelino, chefe do departamento de cirurgia da UFG (Universidade Federal de Goiás)].
>
>
> Milica Nastoran/Shutterstock
>
> Para prevenir problemas auditivos, é aconselhável usar fones de ouvido em volume baixo e por curtos períodos de tempo.
>
> Segundo dados do IBGE (Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística), cerca de 10,7 milhões de brasileiros têm algum tipo de deficiência auditiva no país, sendo que 1 milhão são jovens de até 19 anos.
>
> 'É preciso a atenção dos pais, pois crianças podem não ter noção do volume e acabar prejudicando a audição; além disso, o tempo tem que ser controlado, utilizando pouco o fone por dia', finaliza. [...]
>
> A médica explica que o modelo de fone estilo 'concha' é o menos prejudicial à saúde auditiva. 'Esse tipo não é introduzido no ouvido, e a saída do som fica mais longe da parte interna da orelha; mas, em todo caso, a atenção ao volume e ao tempo de utilização é essencial para preservar a saúde auditiva.'.
>
> PIMENTEL, L. Uso de fone de ouvido por crianças pode causar danos à audição. *R7*, 24 nov. 2021. Disponível em: https://noticias.r7.com/saude/uso-de-fone-de-ouvido-por-criancas-pode-causar-danos-a-audicao-24112021. Acesso em: 5 dez. 2021.

Reprodução do Livro do Estudante em tamanho reduzido.

a) Por qual motivo o fone estilo "concha" é menos prejudicial à saúde auditiva?
6. **a)** Consulte as Orientações didáticas.

b) Limitar o nível sonoro de fones de ouvido é uma medida que pode evitar riscos à saúde? Em caso afirmativo, que limite você sugere? 6. **b)** Sim. Uma sugestão de limite é o nível sonoro de 80 dB.

c) A falta de informação sobre os riscos de ruídos e sons muito intensos pode levar as pessoas a prejudicar a própria audição. Você se sente bem-informado sobre esses riscos?
6. **c)** Resposta pessoal, mas espera-se que os estudantes se sintam bem-informados.

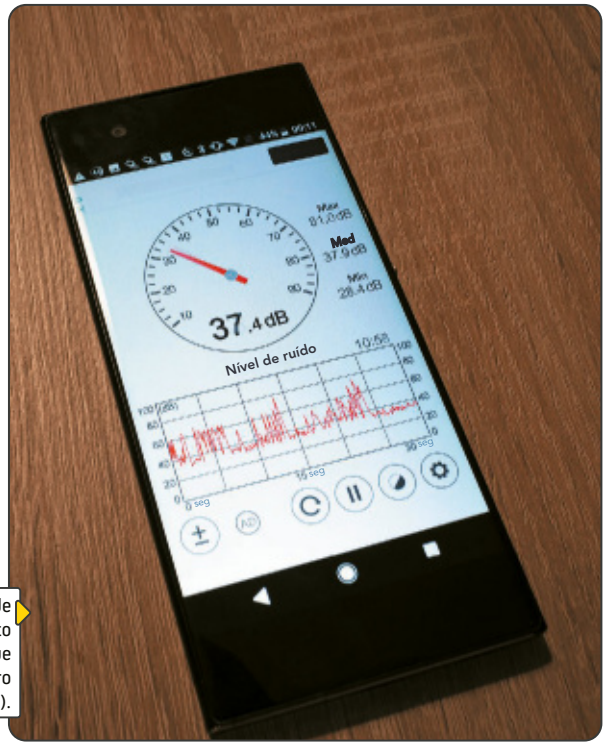
d) Produza um material informativo, como panfletos ou cartazes, explicando os riscos da poluição sonora. Se possível, fixe seu material na escola ou em lugares movimentados da comunidade.

7. Entreviste seus familiares ou pessoas próximas sobre poluição sonora e audição. Faça, pelo menos, as seguintes perguntas:

- O barulho na rua ou no bairro tem incomodado você?
- O que você sabe de poluição sonora?
- Você já percebeu se tem alguma dificuldade auditiva?
- Você sabe como se prevenir de problemas auditivos?

Há aplicativos gratuitos de celular que permitem medir o nível de ruído de um ambiente (procure por decibelímetros). Se possível, use esses aplicativos para medir o nível sonoro na rua em que você mora ou em outros pontos do bairro. Também pode medir o nível sonoro no local em que você está fazendo a entrevista, mostrar e comentar o resultado com a pessoa entrevistada.

Caso a pessoa não saiba como se prevenir de problemas auditivos, informe-a, de modo cuidadoso e responsável, do uso de abafadores de som e outros equipamentos de proteção em trabalhos sujeitos a ruídos intensos, do risco de utilizar fones de ouvido com volume elevado e, seguindo a ideia de Gordon Hempton, de como a defesa do silêncio pode promover a sustentabilidade ambiental.



Menno van der Haven/Shutterstock

Exemplo de aplicativo gratuito para celular que mede o nível sonoro (decibelímetro).

Reprodução do Livro do Estudante em tamanho reduzido.

d) Resposta pessoal. Organize alguns grupos e peça que montem cartazes sobre os riscos da poluição sonora e divulguem na escola. Outra alternativa, se possível, é montarem postagens informativas que poderão ser apresentadas nas redes sociais da escola.

7. Respostas pessoais. Oriente os estudantes a entrevistarem, pelo menos, duas pessoas da família ou próximas a eles, não podem ser os próprios colegas de turma. Após as entrevistas, reserve um momento da aula para que apresentem e discutam os resultados.
Pode haver perda auditiva com a idade, especialmente em pessoas expostas a ruídos e sons intensos por causa de suas atividades profissionais, do trânsito das grandes cidades ou de hábitos pouco saudáveis, como ouvir música em volume elevado. Evitar ambientes com poluição sonora e usar protetores auriculares são medidas possíveis para prevenir problemas auditivos. Os resultados das entrevistas podem ser debatidos em sala e resultar em alguma ação na comunidade, como a limitação de velocidade da via para que os veículos não façam tanto barulho, o pedido de fiscalização de alguma obra ou a requisição de que o tráfego de veículos pesados seja desviado para regiões menos povoadas. As redes sociais também podem ser usadas para dar visibilidade aos problemas detectados e às propostas de solução.

Orientações didáticas

O grupo de atividades presente na página permite ampliar e desenvolver a habilidade EF09CI05, pois trabalha conceitos relacionados a ondas que permitiram o desenvolvimento de sistemas de comunicação humana.

A **atividade 7** envolve o contato com a comunidade, a investigação, o uso de diferentes linguagens, a argumentação e a ação na prática social, de modo que propicia o trabalho com as competências específicas 3 e 8 de Ciências da Natureza e as competências gerais 2, 4, 7 e 10.

#Atividades

6. a) Porque a intensidade sonora depende da área em que o som é espelhado, tendo uma relação inversa: quanto menor a área, maior a intensidade. Dessa forma, como o intra-auricular é colocado dentro da cavidade da orelha, o som tem uma área muito pequena para se espelhar, tendo uma intensidade maior. Já nos fones tipo concha, por ter uma área maior, o som não será tão intenso.

b), **c)** As respostas às questões propostas estão no Livro do Estudante.

Orientações didáticas

O grupo de atividades presente na página permite ampliar e desenvolver as habilidades EF09CI05 e EF09CI07, pois trabalha conceitos relacionados a ondas que permitiram o desenvolvimento de sistemas de comunicação humana e o uso da ultrassonografia na Medicina diagnóstica.

#Atividades

8. As respostas às questões propostas estão no Livro do Estudante.

9. Resposta pessoal. O animal é capaz de emitir uma onda sonora e perceber o som refletido após ele bater em um obstáculo. Pela onda que retorna, o golfinho é capaz de identificar a distância do objeto e até mesmo seu tamanho e forma. Exames de ultrassonografia para acompanhar o feto durante a gestação ou para detectar cálculos renais são exemplos de aplicações médicas que funcionam com base na mesma lógica da ecolocalização.

10. A resposta à questão proposta está no Livro do Estudante. As ondas de som, infrassom e ultrassom são ondas mecânicas e, como tal, precisam de um meio para se propagar. Dessa forma não podem se propagar no espaço sideral, no qual há vácuo.

NÃO ESCREVA NO LIVRO

8. No caderno, reescreva as frases a seguir de modo que elas fiquem corretas.

8. a) O nível sonoro depende da amplitude de uma onda sonora.

a) O nível sonoro depende da frequência de uma onda sonora.

b) O nível sonoro típico de um caminhão não pode ser caracterizado como poluição sonora.

8. b) O nível sonoro típico de um caminhão (80 dB) é superior ao limite da poluição sonora estipulado pela OMS (65 dB).

c) Como a decolagem de um avião a jato é um evento muito rápido, não é necessário o uso de protetores auditivos pelos trabalhadores do aeroporto.

8. c) Mesmo a decolagem de um avião sendo um evento rápido, é necessário o uso de protetores auditivos pelos trabalhadores do aeroporto.

9. Explique como os golfinhos são capazes de se localizar utilizando ondas sonoras. Cite aplicações médicas relacionadas com a ecolocalização dos golfinhos.

Andrea Izzotti/Shutterstock

Golfinhos-roazes, nariz-de-garrafa ou roazes-corvineiros (*Tursiops truncatus*). Em média, medem até 4 m de comprimento.

10. Sonares podem ser usados para detectar submarinos, mapear o fundo de oceanos ou encontrar cardumes. Eles podem ser usados também para detectar astros no espaço sideral? Explique.

10. Não. Consulte as Orientações didáticas.

DMG Vision/Shutterstock

Submarino russo da classe Borei.

Reprodução do Livro do Estudante em tamanho reduzido.

CAPÍTULO 10

Luz e cores

Objetivos do capítulo

- Refletir sobre o papel da luz, das cores e das imagens na sociedade.
- Identificar os principais fenômenos que ocorrem com a luz.
- Compreender a relação entre luz e cor.

Na BNCC

Habilidades: EF09CI04 e EF09CI05.

Cecilia Paredes/Acervo da artista

Cecilia Paredes (1950-), artista peruana, pinta o próprio corpo com a ajuda de assistentes e é fotografada em frente a papéis coloridos com estampas similares.

Observe com atenção a obra de arte mostrada nessa figura. O que você vê? Em um primeiro momento, é bem provável que você reconheça flores, folhagens e formas decorativas, como arabescos. Entretanto, ao focar o olhar novamente na imagem, é possível que você consiga perceber uma forma humana no centro dela. Essa situação é muito comum na natureza: existem seres vivos que conseguem passar despercebidos em seus *habitat* por meio de técnicas de camuflagem.

É sobre isso que estudaremos neste capítulo. Vamos nos aprofundar um pouco mais na análise da luz e de fenômenos ópticos e cores na formação das imagens e vamos conhecer algumas de suas aplicações, por exemplo, a camuflagem.

NÃO ESCREVA NO LIVRO

#Para iniciar

- Como se formam as cores?
- O que pode ocorrer quando a luz incide em um corpo?

Respostas pessoais para mobilização dos conhecimentos prévios dos estudantes. Consulte as Orientações didáticas.

Reprodução do Livro do Estudante em tamanho reduzido.

Orientações didáticas

Neste capítulo os estudantes terão contato com conceitos de Óptica geométrica, como reflexão, refração e absorção, que são bases para o entendimento dos espelhos, das lentes e da formação das cores, essenciais na construção dos aparatos de comunicação humana que envolvem imagens. Nesse contexto, eles precisarão refletir sobre a aplicação desses conceitos e sua importância para a sociedade. Essa dinâmica permitirá o desenvolvimento das habilidades EF09CI04 e EF09CI05 durante o capítulo.

Para iniciá-lo, sugerimos incentivar os estudantes a analisar atentamente a obra de arte apresentada na imagem de abertura, contribuindo para o desenvolvimento da competência geral 3. Na obra retratada, a pintura corporal e a imagem ao fundo se fundem. A artista quase desaparece para dar vida à obra que criou. Em certa medida, é a tela de si própria, possibilitando a reflexão sobre a necessidade de o ser humano se transformar para viver em maior harmonia com o planeta. Mesmo assim, algum rastro continuará existindo (como os cabelos, na imagem), mas não seria melhor se ele fosse mínimo?

A obra também suscita a reflexão sobre a maneira como nos integramos e nos adaptamos ao ambiente e sugere que ela pode ser pautada pela interferência mínima. Estar integrado ao ambiente é um atributo importante para a sobrevivência dos seres vivos. Embora isso também seja importante para os seres humanos, por que costumamos nos esquecer disso? O consumo não sustentável de recursos naturais, a degradação ambiental e a transformação excessiva da natureza são questões que podem ser debatidas com base na arte da artista peruana, em um trabalho interdisciplinar com as Ciências da Natureza e a área de Linguagens, em especial a Arte. Mais exemplos de propostas esteticamente semelhantes são as obras da artista holandesa Desirée Palmen e do artista chinês Liu Bolin, além dos figurinos dos espetáculos *Breu* e *Sem mim*, do Grupo Corpo, uma companhia de dança brasileira.

Também é possível verificar se os estudantes percebem que as cores permitem formar imagens como a apresentada na abertura. Essa conversa inicial e a discussão incentivada pelos questionamentos do boxe *#Para iniciar* configuram-se como momentos excelentes para promover um trabalho interdisciplinar e levantar as concepções prévias dos estudantes sobre a formação das cores e a relação entre a luz e as cores.

#Para iniciar

Este boxe tem o objetivo de auxiliá-lo(a) na identificação dos conhecimentos, das habilidades, das atitudes e dos valores dos estudantes. Por isso, sugerimos que eles realizem o registro de suas respostas iniciais no caderno, a fim de que possam ser retomadas e revistas no final do capítulo. Isso contribuirá para que se conscientizem do desenvolvimento de suas aprendizagens e da construção do seu conhecimento.

- Verifique se os estudantes se lembram das cores primárias e da relação entre as cores dos corpos e dos objetos e a absorção e a reflexão das cores, conceitos que serão desenvolvidos na sequência. É possível que eles mencionem a formação das cores a partir dos pigmentos em razão de estudos em Arte. Isso será revisto ao longo desse capítulo, mostrando a diferença em relação à formação de cores pela luz.
- É possível que os estudantes respondam que a incidência de luz sobre um corpo promoveria seu aquecimento, pensando na experiência de estarem expostos ao Sol. Esse é um efeito relacionado com a absorção da luz. Também com base na experiência cotidiana, podem identificar corpos que deixam a luz passar (refração), como vidros, ou que refletem a luz, como metais polidos ou espelhos. Verifique se a absorção, a refração e a reflexão são fenômenos que eles reconhecem.

Orientações didáticas

Inicialmente, sugerimos orientar os estudantes a observar a imagem da paisagem apresentada, enfatizando os detalhes. Questione-os sobre o que mais chama a atenção e pergunte se eles já viram um objeto ou uma paisagem refletida na água, conforme a situação retratada, incentivando-os a compartilhar suas experiências.

Em seguida, você pode comentar que na imagem podemos ver a reflexão da luz por meio das imagens formadas e as pedras no fundo do lago como se estivessem mais próximas da superfície, pois a luz sofre o fenômeno de refração ao mudar da água para o ar.

#Atividade complementar

Reflexão e imagem

Sugerimos propor aos estudantes que pesquisem a obra *Narciso*, do artista italiano Caravaggio (1571-1610), que mostra o personagem Narciso contemplando o próprio reflexo na água. Solicite que pesquisem informações sobre a obra e suas referências, como o mito de Narciso e a associação ao termo "narcisista", utilizado em Psicologia, e que descrevam o fenômeno físico representado na pintura (reflexão).

Reflexão, refração e absorção da luz

O Sol é a principal fonte de luz do planeta Terra. Você sabe o que é luz?

A luz que podemos ver é denominada **luz visível**: é uma faixa de luz capaz de sensibilizar o olho humano. O Sol é a nossa principal fonte de luz natural visível.

O que pode ocorrer quando a luz incide na superfície de um corpo? Dependendo do tipo de material de que é formado esse corpo, podem ocorrer determinados **fenômenos ópticos** relacionados à luz, entre eles, a **reflexão**, a **refração** e a **absorção**.

A imagem a seguir nos ajudará a compreender melhor como esses fenômenos acontecem. Observe-a.

mo_fanus/Shutterstock

Vários fenômenos ocorrem com a luz para compor essa paisagem de natureza, localizada entre a Polônia e a Eslováquia, 2021.

O céu azul, as montanhas e parte da vegetação presentes na paisagem podem ser vistos refletidos na superfície da água. Se estivéssemos próximos ao lago, é possível que também pudéssemos identificar as pedras e a vegetação no fundo dele. Por que isso acontece?

As imagens que vemos são fruto da reflexão da luz pelos corpos. Isso acontece quando a luz incide sobre uma superfície e retorna ao meio em que se propagava. Na imagem anterior, alguns raios de luz que se propagavam no ar incidem sobre a superfície do lago e retornam para o ar, tornando possível observar o reflexo do céu, da vegetação e das montanhas. A esse fenômeno óptico damos o nome de **reflexão**.

Como já dissemos, se estivéssemos próximos ao lago, poderíamos ver seu fundo porque a luz refletida por ele é capaz de atravessar a água, o ar e chegar aos nossos olhos. O fenômeno que ocorre com a luz ao mudar de meio, como da água para o ar, é chamado de **refração**.

Em outra situação, você já percebeu que um lápis com uma parte imersa em um copo com água parece estar torto? Ao passar de um meio para o outro, a luz pode sofrer um desvio, causando a impressão de que o lápis está torto.

Pat_Hastings/Shutterstock

O raio de luz sofre um desvio de direção ao mudar de meio material, e, então, temos a impressão de que o lápis está torto dentro do copo com água.

Reprodução do Livro do Estudante em tamanho reduzido.

#Para ler

Por que ocorre reflexo da paisagem na superfície da água?

[...]

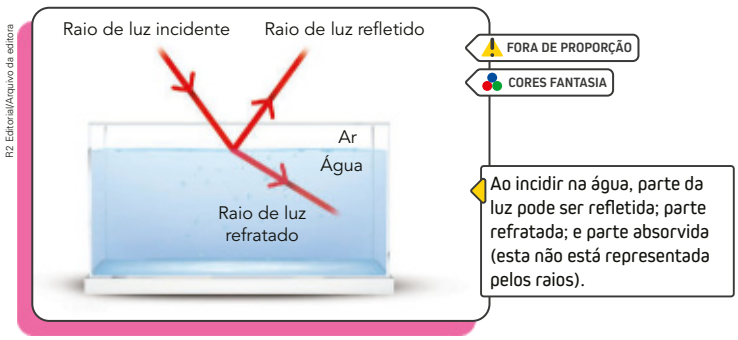
Quando a luz que se propaga no ar atinge a superfície da água, parte dela (parte da energia luminosa) é refletida e parte é refratada. O fenômeno da refração é sempre acompanhado do fenômeno da reflexão! Quanto maior o ângulo de incidência (quanto mais rasante à superfície da água a luz incidir), tanto maior é a parte da luz refletida. Quando enxergas a paisagem distante refletida na superfície da água, estás recebendo raios luminosos que atingiram a superfície da água segundo ângulos de incidência grandes (isto é, raios luminosos rasantes à superfície da água) e, portanto, grande parte da energia luminosa incidente não é refratada mas refletida. Assim a superfície da água funciona como um espelho, tendendo a um espelho que tudo reflete quando o ângulo de incidência se aproxima dos noventa graus ou a direção de propagação da luz incidente tender a ser paralela à superfície da água. [...]

POR QUE ocorre reflexo da paisagem na superfície da água? *CREF*. 4 out. 2010. Disponível em: https://cref.if.ufrgs.br/?contact-pergunta=por-que-ocorre-reflexo-da-paisagem-na-superficie-da-agua. Acesso em: 20 maio 2022.

Como vimos até aqui, quando a luz incide sobre a superfície de um corpo, parte dela pode ser refletida e parte pode ser refratada. Além disso, uma parte da luz também pode ser absorvida.

Vamos voltar à fotografia da paisagem mostrada anteriormente. Você reparou que há partes da imagem em que é mais difícil de se ver os detalhes do cenário? Isso ocorre porque muita luz está sendo absorvida nesse local. A esse fenômeno damos o nome de **absorção**.

Esquematicamente, podemos representar esses fenômenos por meio de um raio de luz proveniente do Sol e incidindo na água. Veja a seguir.

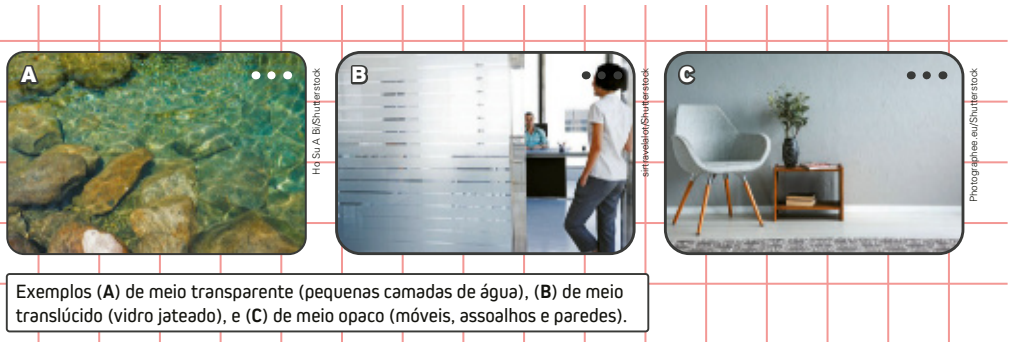


R2 Editorial/Arquivo da editora

Nem todos os meios permitem a passagem da luz. A luz é capaz de atravessar o ar ou camadas menos profundas de água, como ocorre em lagos e águas rasas, no entanto, o fundo dos oceanos, por exemplo, não é iluminado pela luz do Sol.

A forma com que a luz atravessa cada meio permite classificá-lo da seguinte maneira:

- **Meio transparente**: a luz atravessa com facilidade. É o caso do ar, do vidro e da água.
- **Meio translúcido**: não bloqueia totalmente os raios de luz, mas também não permite uma visualização nítida. É o caso do papel vegetal, do papel-manteiga e do vidro jateado.
- **Meio opaco**: bloqueia a propagação da luz. Paredes, móveis de madeira e o corpo humano são alguns exemplos.



Hd Su A B/Shutterstock
sirtravelalot/Shutterstock
Photographee.eu/Shutterstock

Exemplos (**A**) de meio transparente (pequenas camadas de água), (**B**) de meio translúcido (vidro jateado), e (**C**) de meio opaco (móveis, assoalhos e paredes).

Orientações didáticas

Para auxiliar os estudantes a visualizar os efeitos da refração, é possível fazer uma experiência: coloque uma caneta dentro de um copo, deixando parte dela na água e parte fora. Ressalte o aspecto "quebrado" da caneta, como representado na imagem da página anterior.

Em seguida, para aprofundar, explique que o fenômeno da absorção da luz pode aumentar a temperatura dos corpos. Por exemplo, ao receber luz do Sol e absorver parte dela, os corpos ficam mais quentes. Isso pode ser visto quando deixamos um objeto exposto ao Sol por algum tempo.

Depois, você pode pedir aos estudantes que mencionem outros exemplos de objetos transparentes, translúcidos e opacos. Eles podem, por exemplo, analisar os objetos da sala de aula. Algumas canetas podem ter partes transparentes, réguas também podem ser transparentes, translúcidas ou opacas dependendo do material, uma borracha é feita de material opaco, os vidros das janelas podem ser transparentes ou translúcidos, etc.

Reprodução do Livro do Estudante em tamanho reduzido.

Orientações didáticas

Sugerimos retomar a imagem do início do tópico para mostrar as partes em que há reflexão regular e as partes em que há reflexão difusa. Explique que a reflexão difusa relaciona-se com a observação dos objetos em si, em que a luz é refletida em diversas direções. Já a reflexão regular relaciona-se com os reflexos vistos em um espelho ou na superfície calma de um lago, por exemplo. Enfatize que na reflexão regular os raios de luz são direcionados para uma região, por isso os espelhos têm o que chamamos de "campo visual", região na qual é possível ver a imagem de um objeto em frente a um espelho. Devido à reflexão regular, os objetos localizados em regiões fora do campo visual não recebem a luz refletida regularmente, por isso não podem ser vistos.

Depois, para ajudar no entendimento dos tipos de reflexão, sugerimos que proponha aos estudantes que respondam às atividades do boxe *#Para interpretar*. Na sequência, pode-se abrir uma conversa para que compartilhem suas respostas e impressões sobre a obra de arte, mobilizando o trabalho com a competência geral 3.

#Para interpretar

1. Espera-se que os estudantes percebam a formação de imagens invertidas na escultura. Como é um cenário urbano, uma possível reflexão que a arte suscita é: será que a maneira como estamos transformando o mundo o está deixando desorientado, invertido, de cabeça para baixo?
2. Predomina a reflexão regular, pois se trata de um espelho, cuja superfície lisa e polida reflete regularmente os raios de luz.
3. Porque um espelho típico é plano, e não curvo como o espelho da escultura. Por meio dessa pergunta, é possível identificar os conhecimentos prévios dos estudantes antes do estudo dos espelhos, ao final do capítulo.

Reflexão regular e reflexão difusa

Vamos rever a imagem do lago presente no tópico *#Reflexão, refração e absorção de luz* para analisar com mais detalhes como ocorre a **reflexão da luz**.

As montanhas, as pedras e o lago não produzem luz própria. Conseguimos enxergá-los porque, naquele momento, a luz do Sol incidiu nas montanhas e refletiu até chegar às lentes da câmera fotográfica. Mas repare que a reflexão da luz do Sol pelo lago tem diferenças em relação à reflexão pela montanha. Na montanha não vemos o reflexo do restante da paisagem. Por que isso acontece?

Na água do lago ocorre o que chamamos de **reflexão regular**, ou seja, os raios de luz paralelos que chegam à superfície lisa do lago também são refletidos como raios paralelos. É assim que funcionam os espelhos, superfícies lisas e bem polidas que refletem a luz, formando as imagens dos corpos colocados à sua frente.

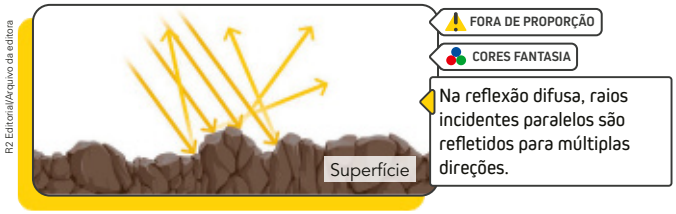
Um caso artístico de uso da reflexão regular é a escultura do artista indiano Anish Kapoor (1954-), *Virando o mundo de cabeça para baixo* [*Turning the World Upside Down*], que podemos observar na fotografia.

As montanhas, a vegetação e as pedras observadas na fotografia da paisagem são corpos que não são capazes de refletir regularmente os raios de luz porque sua superfície é irregular, ou seja, os raios de luz paralelos incidentes são refletidos para múltiplas direções. Essa é a denominada **reflexão difusa** (ou irregular), principal responsável por observamos o que nos rodeia.

R2 Editorial/Arquivo da editora

Espelhos de diferentes tipos geram imagens com diferentes características. Na foto, escultura *Virando o mundo de cabeça para baixo*, em aço polido, feita pelo artista Anish Kapoor, em 2010, e fotografada em Jerusalém, Israel, em 2016.

mridulabiog/Shutterstock



R2 Editorial/Arquivo da editora

#Para interpretar

NÃO ESCREVA NO LIVRO

1. Observe a escultura espelhada criada pelo artista indiano Anish Kapoor e reflita: Por que o nome da escultura é *Virando o mundo de cabeça para baixo*?
2. Na escultura predomina o fenômeno da reflexão regular, reflexão difusa, refração ou absorção? Explique sua resposta.
3. Por que um espelho típico não produz imagens invertidas, como as produzidas pela escultura?

1, **2** e **3**. Respostas pessoais. Consulte as Orientações didáticas.

Reprodução do Livro do Estudante em tamanho reduzido.

#Para saber

Espelhos e reflexos: uso e representações em obras artísticas

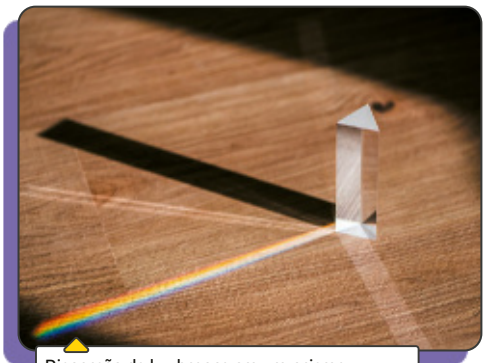
O artigo explica como os espelhos são fabricados e menciona seu uso em algumas obras artísticas ao longo do tempo. Disponível em: https://periodicos.ufpel.edu.br/ojs2/index.php/Arte/article/viewFile/5/2. Acesso em: 20 maio 2022.

Luz e cores

Como estudamos até aqui, fisicamente, as imagens que vemos são fruto de fenômenos ópticos.

Para os fenômenos que estamos estudando, a luz pode ser considerada uma onda, portanto, apresenta frequência. Nossos olhos são sensíveis a algumas frequências, que percebemos e interpretamos como **cores**. A luz de mais baixa frequência que sensibiliza nossos olhos é a de cor vermelha e a de mais alta frequência, a violeta. Assim, as cores observadas em diferentes corpos são resultado da ação da luz na superfície desses corpos, nesse caso, uma interação entre os fenômenos ópticos de absorção e de reflexão.

A luz emitida pelo Sol é composta de uma mistura de luzes de várias frequências. Essa composição nos dá a sensação de uma luz branca, mas é possível separá-la em suas diversas cores. Quando a luz branca atravessa um vidro, como o prisma de vidro, ondas de frequências diferentes refratam de maneira diferente, assim, é possível separar as cores da luz branca. Esse fenômeno é chamado de **dispersão**.



Milla Drumeva/Shutterstock

Dispersão da luz branca em um prisma.

Algo semelhante acontece no céu quando há a presença de umidade no ar e as gotículas de água estão em determinado posicionamento em relação ao Sol: as cores se separam e essa dispersão pode dar origem ao **arco-íris**.

Chico Ferreira/Pulsar Imagens

O arco-íris pode ocorrer por causa da dispersão da luz branca do Sol nas gotículas de água presentes no ar. Na fotografia, arco-íris duplo em Porto Seguro (BA), 2019.

Geralmente, o arco-íris é definido como composto de sete cores: vermelho, alaranjado, amarelo, verde, azul, anil e violeta. Então, poderíamos afirmar que a luz branca é formada por sete cores de luz. Entretanto, há uma composição de questões físicas, biológicas e culturais na atribuição das cores.

Físicas porque é possível determinar faixas de frequência para cada cor e combinar as luzes dessas frequências para produzir o efeito de outras cores.

Biológicas porque a sensibilidade do olho humano não é a mesma para todas as frequências visíveis da luz, além de poder se modificar com o passar dos anos e de pessoa para pessoa – tanto que há cores que geram discordância entre pessoas de uma mesma cultura, por exemplo, quando há dúvidas sobre determinada roupa ser de cor verde-azulada ou azul-esverdeada.

Culturais porque povos com diferentes línguas, costumes, valores, interesses, etc., podem diferenciar ou aglutinar cores. Por exemplo, em hebraico há uma palavra específica para o azul-claro, que é a cor do céu, mas é, também, a cor de parte das vestimentas usadas em rituais da religião judaica. Por ter um significado especial na cultura judaica, talvez essa cor tenha recebido um nome que a distinga.

Reprodução do Livro do Estudante em tamanho reduzido.

#Para saber

A cor como espelho da sociedade e da cultura
Tese que discorre sobre a interpretação cultural das cores. As informações sobre os usos e os sentidos das cores vermelho, azul, verde, amarelo em diferentes sociedades podem ser debatidas com os estudantes.
Disponível em: https://www.teses.usp.br/teses/disponiveis/16/16134/tde-19082013-111907/pt-br.php.
Acesso em: 2 jun. 2022.

Orientações didáticas

O conteúdo apresentado permitirá o desenvolvimento da habilidade EF09CI04, ao apresentar as teorias das cores da luz e dos pigmentos, que possibilita aos estudantes compreender a formação das cores secundárias a partir das cores primárias.

Sugerimos que explore as imagens das cores dispersas no prisma e no arco-íris. Se necessário, reforce que a separação do arco-íris em sete cores é arbitrária, ou seja, poderiam ser atribuídas seis cores, oito ou algum outro número. A separação em sete cores é cultural, isto é, não é baseada em aspectos físicos ou biológicos. Essa observação pode ser aproveitada para trabalhar a competência específica 1 de Ciências da Natureza. Além disso, as cores também podem assumir determinados sentidos e ter usos específicos em uma cultura, como mostra texto indicado no boxe *#Para saber* + a seguir, o que pode ser explorado em um trabalho conjunto com as áreas de Linguagens e Ciências Humanas.

#Atividade complementar

Dispersão das cores
Sugerimos uma atividade complementar com um CD ou DVD, que pode ser usado ou novo. Traga um objeto desses para a sala ou peça aos estudantes que o tragam, caso possível. Segure o CD ou o DVD, ligue as luzes da sala e peça que observem a parte refletora do objeto, em que será possível ver a luz branca decomposta. Peça que anotem as cores que aparecem e depois as comparem com as cores retratadas nas imagens da página. Como a definição da quantidade das cores é cultural, uma dificuldade possível é diferenciar, por exemplo, o azul, o anil e o violeta, cores que podem parecer bem semelhantes.

Orientações didáticas

Inicialmente, reforce aos estudantes que o sistema RGB (sistema aditivo) se refere às cores primárias da luz, enquanto o sistema CMYK (sistema subtrativo) se refere às cores primárias dos pigmentos.

Em relação ao sistema subtrativo, para aprofundar, sugerimos explicar aos estudantes que existem dois conjuntos básicos de cores primárias: o CMYK, visto na página, e o RYB (do inglês *Red*, *Yellow* e *Blue* – vermelho, amarelo e azul), sistema usado, principalmente, em pinturas, ainda que cientificamente seja questionável.

Em seguida, sugerimos comentar que todos esses sistemas têm aplicações práticas. O RGB é utilizado, por exemplo, na formação de imagens em monitores (TV, computador, etc.); o CMYK em artes gráficas e nas impressoras coloridas; enquanto o RYB, como comentamos anteriormente, nas artes de pintura.

No esquema que compara os sistemas aditivo e subtrativo, pode-se chamar a atenção para o fato de as cores secundárias da luz (aditivo) – amarelo, ciano e magenta – serem as cores primárias de pigmento (subtrativo).

Também é possível realizar um trabalho com a área de Linguagens sobre a origem das palavras (etimologia) branco e preto em diversos idiomas e sua relação com os sistemas aditivo ou subtrativo. Branco, em português; *blanc*, em francês; *blanco*, em espanhol; *bianco*, em italiano; e *blank*, em holandês, são termos derivados do germânico antigo *blanck*, que significa, em português, "nu, despido, vazio", mas também "brilhante e claro". Assim, a cor branca é definida como aquela despida, vazia de pigmentos, porém, brilhante. Em sueco e em alemão, *blank* também tem o sentido de brilhante (e, no último, também de nu e despido). Curiosamente, o mesmo radical deu origem à palavra que designa a cor preta em inglês, *black*, que pode ser associada não à ausência de pigmento, mas à ausência de luz. O sentido de ausência, vazio, nesse idioma (bem como em dinamarquês e em norueguês) é indicado por uma palavra similar e que tem a mesma etimologia: *blank*.

Em turco, por exemplo, o azul-escuro tem sua definição separada de outras nuances de azul. A origem da palavra turca para o azul-escuro é a mesma da rocha chamada lápis-lazúli, muito valorizada antigamente. Assim, rituais ou objetos valorizados por uma cultura podem ajudar a nomear e distinguir cores.

Bjoern Wylezich/Shutterstock

Rocha metamórfica lápis-lazúli, usada como ornamento por diversas civilizações desde 7000 a.C.

Fisicamente, o entendimento atual é que bastam três cores para formar a vasta possibilidade de cores que enxergamos. Essas cores, chamadas de **cores primárias da luz**, são o **vermelho**, o **verde** e o **azul**. A combinação delas é denominada **sistema RGB**, nome originado de suas iniciais em inglês (***R**ed*, ***G**reen*, ***B**lue*, respectivamente). Esse sistema é usado em dispositivos eletrônicos para produzir imagens coloridas em monitores de TV e de computadores, telas de celulares, *tablets*, entre outros.

O sistema RGB é também chamado de **sistema aditivo**. Se um objeto reflete a luz de cor vermelha e a luz de cor verde, a nossa percepção é a soma dessas duas cores: o amarelo. Quando todas as frequências são adicionadas, o resultado é a luz branca. A ausência das frequências resulta na cor preta.

O sistema aditivo da luz é diferente do que ocorre quando misturamos pigmentos de tinta. Ao sistema de tintas dá-se o nome de **sistema subtrativo**, que é feito com base em três cores: magenta, amarelo e ciano (também conhecidos como vermelho, amarelo e azul). Vejamos como eles atuam:

- O pigmento amarelo absorve praticamente todas as outras frequências, com exceção do amarelo.
- O pigmento ciano, por sua vez, também absorve todas as frequências, com exceção do ciano.
- Ao juntarmos os pigmentos amarelo e ciano, a mistura passa a refletir a cor verde.
- Ao combinar os pigmentos das cores magenta, amarelo e ciano, teremos a cor preta, pois praticamente toda a luz incidente é absorvida e quase nada é refletido.
- Nesse sistema, é como se a ausência de pigmentos fosse o branco. Nesse caso, a ausência de pigmentos faz com que quase nada seja absorvido pela tela e quase toda a luz incidente seja refletida.

Representação esquemática da mistura das cores primárias da luz, à esquerda, e das cores primárias da tinta, à direita.

A mistura de luzes é considerada um sistema aditivo porque, ao misturarmos duas cores, obtemos uma terceira mais luminosa. A ausência de cores é o preto, e a soma de todas é o branco.

A mistura de tintas é considerada um sistema subtrativo porque, ao misturarmos duas cores, obtemos uma terceira menos luminosa. A ausência de cores é o branco, e a soma de todas é o preto.

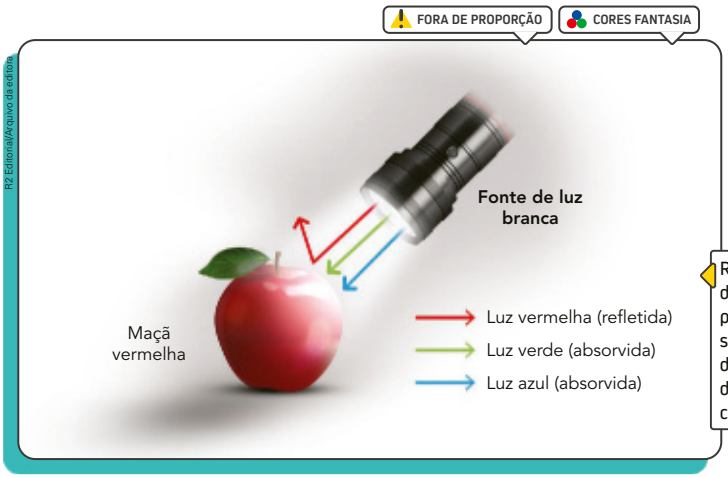
R2 Editorial/Arquivo da editora

O sistema subtrativo também é conhecido como **sistema CMYK** (do inglês, ***C**yan*, ***M**agenta*, ***Y**ellow*, *Blac**K***, das palavras azul, vermelho, amarelo e preto, respectivamente).

Observe, no esquema, o resultado da mistura de luzes e da mistura de pigmentos.

Reprodução do Livro do Estudante em tamanho reduzido.

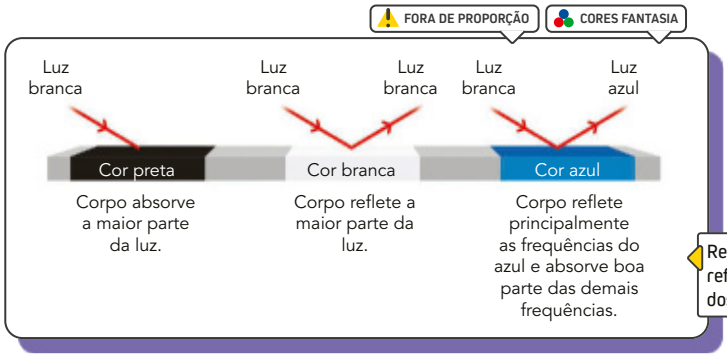
Para entender melhor como ocorre a formação das cores, observe a ilustração a seguir.



Representação esquemática da iluminação de uma maçã pela luz branca, considerando o sistema RGB. Por refletir a luz de cor vermelha e absorver as demais, percebemos que sua casca tem a cor vermelha.

A maçã nos parece vermelha porque sua casca absorve a maioria das frequências de luz e reflete, preponderantemente, a faixa de frequência da cor vermelha. Se o fruto iluminado fosse um limão de casca verde, então sua casca absorveria boa parte das outras frequências da luz, como as das cores azul e vermelho, e refletiria, preponderantemente, a faixa de frequência da cor verde.

Quando um objeto reflete grande parte da luz em todas as suas faixas de frequência, nós o enxergamos como da cor branca. Se ele absorve bastante a luz em todas as suas faixas de frequências, então o enxergamos como preto.



Representação da absorção e reflexão da luz compondo a cor dos objetos.

Como a luz transporta energia, se ela for muito absorvida, o corpo pode esquentar. É por isso que roupas pretas aquecem mais do que roupas brancas, se ambas forem feitas de um mesmo material.

A absorção e a reflexão da luz também podem ser diferentes em razão da frequência da onda.

Reprodução do Livro do Estudante em tamanho reduzido.

Orientações didáticas

Sugerimos explicar que as cores que vemos estão relacionadas às cores da luz, que são refletidas pelos corpos. Assim, quando vemos um objeto vermelho, por exemplo, isso indica que ele reflete mais essa cor e absorve mais as outras cores.

Depois, para aprofundar o conceito da formação das cores, é possível mencionar o seguinte exemplo: uma maçã, quando recebe luz branca, é vista como vermelha. No entanto, se a iluminássemos com uma luz monocromática (só uma cor) verde, a veríamos quase preta, porque a cor verde seria bastante absorvida e não haveria luz vermelha, por isso ela não seria refletida.

Em seguida, sugerimos reforçar que os objetos que vemos brancos refletem a maior parte da luz incidente, absorvendo uma pequena quantidade dessa luz. Por outro lado, vemos os objetos pretos porque eles absorvem a maior parte da luz e refletem pouca luz incidente. Por isso, se expusermos ao Sol dois objetos com formas iguais mas cores diferentes (um branco e um preto) durante o mesmo tempo, o objeto preto aquecerá mais que o branco, uma vez que ele absorverá mais energia.

#Para ler

Cor: luz ou pigmento?

[...]

Todas as cores apresentam três características: matiz, tom e intensidade.

Matiz é a característica que define e distingue uma cor. Azul, vermelho e amarelo são matizes. Quando misturamos azul e amarelo, criamos outro matiz: verde. Em resumo, as cores primárias são matizes, assim como as secundárias e terciárias. A mistura de matizes dá origem a outro matiz.

Tom refere-se à maior ou menor quantidade de luz presente na cor. Ao adicionarmos [pigmento] preto a um matiz, ele fica gradualmente mais escuro. Essa graduação é conhecida como escala tonal. Acrescentando [pigmento] branco a um matiz, obtemos escalas tonais mais claras.

Intensidade tem a ver com o brilho da cor. Um matiz de intensidade alta é vívida, brilhante, como o amarelo. Um matiz de intensidade baixa é mais apagada, como as cores pastéis.

[...]

DELACAVE, B. Cor: luz ou pigmento? *Fiocruz*, 29 nov. 2021. In vivo. Disponível em: http://www.invivo.fiocruz.br/cienciaetecnologia/cor-luz-ou-pigmento/#. Acesso em: 20 maio 2022.

Orientações didáticas

A seção *#Experimentar* consolida o desenvolvimento da habilidade EF09CI04, que foi trabalhada nas páginas anteriores, pois a atividade proposta oportuniza aos estudantes fazer um experimento para evidenciar que as cores da luz podem ser formadas pela composição das três cores primárias e que a cor de um objeto está relacionada também à cor da luz que o ilumina.

Nesse contexto, os estudantes terão momentos de exercício da curiosidade intelectual e de prática de abordagem própria das Ciências, desenvolvendo a competência geral 2, além de compreender (ou consolidar) a formação das cores, reforçando também a competência específica 2 de Ciências da Natureza. Além disso, a experimentação realizada em grupo facilita o desenvolvimento de habilidades de relacionamento.

#Experimentar

GRUPO

ATENÇÃO! Realize esta atividade apenas com a supervisão de um adulto.

Neste experimento, que pode ser realizado em grupos, você e os colegas devem se reunir para investigar como a cor de um objeto também está relacionada à cor da luz que o ilumina.

Material

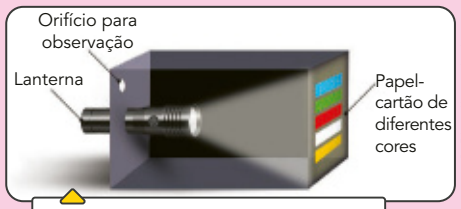
- Caixa de papelão com tampa.
- Lanterna.
- Tesoura com pontas arredondadas.
- Cola.
- Elástico.
- Fita isolante.
- Papel-celofane nas cores: vermelha, verde e azul.
- Papel-cartão nas cores: preta, vermelha, verde, azul, amarela e branca.

Como fazer

Colem papel-cartão preto em todas as faces internas da caixa de papelão, deixando-a completamente encapada. Cortem retângulos do papel-cartão das demais cores e colem-nas em uma das faces internas da caixa, por cima do cartão preto.

Do lado oposto da caixa, recortem um buraco para encaixar a lanterna. Abaixo da lanterna, façam um pequeno buraco para poderem observar os cartões coloridos. A fita isolante pode ser usada para fixar a lanterna e manter o orifício da entrada de luz externa bem vedado. O orifício de observação também pode ser diminuído com o auxílio da fita isolante, se necessário.

Fechem a tampa superior da caixa e virem-na de ponta-cabeça para dificultar a entrada de luz pelas frestas da tampa da caixa. O aparato montado deve ser semelhante ao do esquema.



R2 Editorial/Arquivo da editora

Esquema da montagem do experimento.

Com a lanterna ligada, observem pelo orifício as cores de cada cartão. Em seguida, abram a caixa e, usando o elástico, prendam o papel-celofane vermelho na frente da lanterna. Os papéis-cartões serão iluminados pela cor vermelha quando a lanterna for ligada. Observem a cor dos cartões nesse caso e repitam os procedimentos substituindo o papel-celofane vermelho pelo verde e, depois, pelo azul.

Conclusão

NÃO ESCREVA NO LIVRO

1 No caderno, copiem o quadro a seguir e completem com a cor observada do cartão quando iluminado por luz branca (sem papel-celofane) ou com luz vermelha, verde e azul.

	Luz branca	Luz vermelha	Luz verde	Luz azul
Cartão azul				
Cartão verde				
Cartão vermelho				
Cartão branco				
Cartão amarelo				

2 As cores dos cartões sofreram mudanças quando eles foram iluminados por luzes de cores diferentes? Por que isso ocorreu? **2.** Resposta pessoal. Consulte as Orientações didáticas.

Reprodução do Livro do Estudante em tamanho reduzido.

#Experimentar

1. Sugestões de respostas e comentários às questões do item Conclusão:

	Luz branca	Luz vermelha	Luz verde	Luz azul
Cartão azul	azul	preto	preto	azul
Cartão verde	verde	preto	verde	preto
Cartão vermelho	vermelho	vermelho	preto	preto
Cartão branco	branco	vermelho	verde	azul
Cartão amarelo	amarelo	preto	preto	preto

2. Sim. Isso acontece porque as cores vistas nos objetos estão relacionadas às cores da luz que refletem.

Luz, imagem e sociedade

Podemos afirmar que a visão humana, além dos aspectos biológicos necessários, depende principalmente da presença de luz. Isso ocorre porque enxergamos os corpos quando a luz refletida por eles chega aos nossos olhos e é interpretada na forma de imagem e cores pelo nosso cérebro.

Como já vimos, a principal **fonte natural** de luz do planeta Terra é o Sol, que ilumina uma parte do planeta por determinado período ao longo do dia.

No decorrer do tempo, as sociedades humanas desenvolveram diferentes tecnologias para produzir luz, que podemos chamar de **fontes artificiais**.

As fontes de luz artificiais sempre estiveram presentes na história da humanidade. Pode-se dizer que seu início aconteceu quando o ser humano passou a controlar o fogo e, durante milhares de anos, só teve a chama das fogueiras e das tochas como fonte de luz artificial.

oneuno/Shutterstock

As tochas também foram uma maneira de iluminar artificialmente ambientes fechados.

Posteriormente, foram desenvolvidas outras fontes artificiais de luz, como as lâmpadas, que, para funcionar, utilizavam óleo animal ou vegetal. No passado, o óleo de baleia também foi muito usado com esse fim, aumentando o risco de extinção de algumas espécies desses mamíferos. Com a descoberta de petróleo, seus derivados, como o querosene e a parafina, passaram a ser utilizados.

AgriTech/Shutterstock

phive/Shutterstock

A parafina (**A**) é um material derivado do petróleo e utilizado na fabricação de velas (**B**).

Reprodução do Livro do Estudante em tamanho reduzido.

Orientações didáticas

O conteúdo apresentado desenvolve conceitos e situações que possibilitam o desenvolvimento da competência geral 2 e da habilidade EF09CI05, pois o conhecimento sobre a luz é empregado em ferramentas e aparatos humanos que transmitem imagens e revolucionaram os sistemas de comunicação.

Ao iniciar a abordagem sobre as fontes de luz, comente que elas também podem ser classificadas como primárias ou secundárias. Explique que as fontes primárias de luz, também chamadas de corpos luminosos, são aquelas que emitem luz própria, como o Sol e outras estrelas, uma vela acesa, etc. Já as fontes secundárias refletem a luz que receberam de um corpo luminoso, por isso também são chamadas de corpos iluminados, como a Lua (que reflete a luz do Sol) e os variados objetos do cotidiano, que vemos graças à luz que vem de fontes naturais ou artificiais.

#Para ler

[...]

Um mundo mais iluminado

Há registros de que as primeiras velas, feitas com gordura animal e um pavio, surgiram por volta de 50 mil anos antes de Cristo. Depois vieram lampiões e lamparinas a óleo. As ruas de Londres receberam as primeiras lâmpadas a gás de carvão em 1807. A famosa iluminação pública de Paris, com o mesmo sistema, data de 1817. No Brasil, a novidade só chegou em 1851.

[...]

KRAUSE, M.; BERNARDO, N.; ALMEIDA, C. O domínio do fogo. *Nova Escola*, São Paulo, 9 ago. 2017. Disponível em: https://novaescola.org.br/conteudo/8997/o-dominio-do-fogo/. Acesso em: 20 maio 2022.

Orientações didáticas

Sugerimos promover a leitura conjunta do texto apresentado no boxe *#Integrando as Ciências* e, posteriormente, abrir uma conversa com toda a turma sobre o tema trabalhado.

#Integrando as Ciências

O texto deste boxe possibilita o trabalho interdisciplinar ao oferecer aos estudantes a oportunidade de estabelecer uma conexão entre diferentes componentes curriculares, evitando a rígida compartimentalização do conhecimento

Para ampliar o trabalho com o texto, se possível, faça uma parceria com o(a) professor(a) de História, para abordar o contexto social da época, por exemplo, e as alterações promovidas pela instalação da iluminação pública nas dinâmicas das grandes cidades.

Sugerimos que pergunte aos estudantes como é a iluminação pública na região onde vivem e qual é a importância dessa iluminação, incentivando-os a compartilhar suas opiniões e defender suas ideias sobre o assunto.

#Para saber

Desenvolvimento da iluminação pública no Brasil

Texto que aborda a história da iluminação pública em nosso país e comenta os projetos elaborados para difundi-la. Disponível em: https://www.fne.org.br/upload/documentos/projetos/iluminacao-publica/desenvolvimento_i_p_no_brasil_-_luciano_haas_rosito.pdf. Acesso em: 20 maio 2022.

No livro do 8º ano, já estudamos as tecnologias mais recentes e mais comuns em nosso cotidiano, como a energia elétrica e as lâmpadas elétricas. Vamos ler, no boxe a seguir, algumas informações sobre o uso da luz artificial no Brasil em alguns períodos da história.

#Integrando as Ciências

História da iluminação pública no Brasil

Antes e após a chegada dos portugueses ao Brasil, em 1500, os indígenas (povoadores) utilizavam a luz do fogo (fogueiras) e a claridade da Lua como forma de iluminar suas noites. [...]

Os portugueses trouxeram consigo as formas de iluminação utilizadas na Europa, como a lamparina à base de óleos vegetais ou animal. O óleo de oliva era um dos mais utilizados, mas era fabricado somente na Europa, por isso tinha altos custos, somente uma elite nobre o utilizava.

Com o alto custo do óleo de oliva, rapidamente ele foi substituído por outros óleos fabricados no Brasil, como o óleo de coco e de mamona (principalmente). Posteriormente, foram produzidos os óleos derivados de gordura animal (principalmente peixes) e fabricadas velas feitas de gorduras e de cera de abelha (produtos que não eram utilizados nas residências da população pobre), em razão do alto preço.

Até o século XVIII, não existia iluminação pública – nos momentos de festas e comemorações, a população iluminava as fachadas das casas com as velas feitas de sebo e gordura. No século XIX, algumas cidades brasileiras passaram a ser iluminadas com lâmpadas de óleo de baleia. Na cidade do Rio de Janeiro, a iluminação pública à base de óleos vegetais e animais foi implantada no ano de 1794.

Em São Paulo, a utilização de óleos como iluminação pública chegou somente no ano de 1830. Vale ressaltar que eram necessários funcionários que acendessem diariamente as luzes nas ruas das cidades. No ano de 1854, São Paulo foi a primeira cidade brasileira a implantar a iluminação a gás – esse serviço ficou na cidade até meados de 1936, quando foram apagados os derradeiros lampiões.

A cidade de Campos, no Rio de Janeiro, foi a primeira cidade a ter luz elétrica nas ruas, em virtude da presença de uma usina termoelétrica, desde 1883. Rio Claro, em São Paulo, foi a segunda cidade a ter luz elétrica nas ruas, também em razão da presença de uma termoelétrica. A cidade do Rio de Janeiro somente implantou o serviço de luz elétrica nas ruas no ano de 1904; e São Paulo, no ano posterior, em 1905.

[...]

A iluminação pública foi importantíssima para as cidades, em virtude do crescimento da urbanização e dos problemas gerados por esse crescimento, como a falta de infraestrutura nas cidades (esgoto, água tratada). [...]

CARVALHO, L. História da iluminação pública no Brasil. *Escola Kids*. Disponível em: https://escolakids.uol.com.br/historia/historia-da-iluminacao-publica-no-brasil.htm. Acesso em: 24 fev. 2022.

#Estude

Há 160 anos, os primeiros lampiões a gás iluminavam o Rio de Janeiro

Disponível em: https://memoria.ebc.com.br/noticias/brasil/galeria/audios/2014/03/ha-160-anos-os-primeiros-lampioes-a-gas-iluminavam-a-capital. Acesso em: 7 fev. 2022.

Áudio da Radioagência Nacional sobre o contexto histórico e o funcionamento dos lampiões a gás no século XIX. Também aborda a criação da primeira empresa de iluminação a gás da América Latina, fundada em 1852 e que passou a iluminar a cidade do Rio de Janeiro em 1854.

Reprodução do Livro do Estudante em tamanho reduzido.

Instrumentos ópticos

Agora vamos conhecer alguns equipamentos desenvolvidos que nos auxiliam a visualizar o que não conseguimos ver a olho nu. São os **instrumentos ópticos**, que podem gerar imagens ampliadas de objetos ou daquilo que não podemos enxergar tão facilmente.

Duas peças fundamentais desses instrumentos são os **espelhos** e as lentes. Neles, a reflexão ou a refração da luz podem ser usadas para registrar imagens ou facilitar a visualização de objetos. São exemplos de instrumentos ópticos: o telescópio, a luneta, a lupa, o microscópio, os óculos e as câmeras fotográficas.

Pictures from History/Bridgeman/Fotoarena

Pintura de H. J. Detouche, de 1754, que retrata o físico e astrônomo italiano Galileu Galilei (1564-1642) demonstrando ao senado de Veneza o uso do telescópio. Dados técnicos da obra não disponíveis.

Câmeras fotográficas, câmeras de vídeo e projetores fazem parte da categoria de instrumentos ópticos que utilizam a luz para gerar imagens. Nas primeiras câmeras desenvolvidas, a luz sensibilizava um filme fotográfico, revelado por um processo químico. Atualmente, o mais comum é o registro de imagens no formato digital por meio de sensores que, usando circuitos integrados, transformam a luz em sinais elétricos que representam a cor e a intensidade da luz incidente.

O inverso também pode ocorrer: sinais elétricos podem gerar luz e imagens, como nas telas de televisão, monitores de computador e em telefones celulares. Uma das tecnologias empregadas para isso é a de LCD, do inglês *liquid crystal display*, que, em português, significa visor de cristal líquido.

Na parte de trás das telas com essa tecnologia há uma fonte de luz branca, e as variações da corrente elétrica fazem o cristal líquido bloquear ou permitir a passagem de luz em diferentes pontos. Filtros nas cores vermelha, verde e azul também são acionados, permitindo a formação de quaisquer outras cores com base nessas três.

Esquema simplificado de funcionamento das telas com tecnologia LCD. No detalhe ampliado, vemos que cada ponto de imagem da tela pode resultar em uma cor diferente a partir da combinação dos filtros vermelho, azul e verde.

Orientações didáticas

Inicialmente, sugerimos perguntar aos estudantes que instrumentos ópticos eles conhecem. Ressalte que "óptico" está relacionado ao uso da luz. Deixe que citem os exemplos e discorra sobre a luneta de Galileu e os outros instrumentos apresentados no texto inicial da página.

Em seguida, ao abordar a formação das imagens nas telas LCD, destaque o fato de os filtros apresentarem as cores vermelha, verde e azul, que, conforme visto anteriormente, são as cores primárias da luz (sistema RGB). Sobre as câmeras fotográficas, utilize o texto a seguir para aprofundar a explicação sobre o funcionamento desses instrumentos, tão presentes no cotidiano dos estudantes (mesmo que seja a câmera dos celulares). Contribui-se, assim, para o desenvolvimento da habilidade EF09CI05.

Reprodução do Livro do Estudante em tamanho reduzido.

#Para ler

Refração e reflexão

A luz que vem do objeto que queremos fotografar se propaga pelo ar até chegar à(s) lente(s) da máquina fotográfica. Na passagem do ar para a lente a luz sofre um desvio. Quando a luz atravessa a lente e retorna para o ar, sofre um novo desvio.

Esses dois desvios sucessivos acabam fazendo com que a luz se concentre, aumentando a luminosidade da imagem que se forma sobre o filme. Algumas máquinas fotográficas trazem próximo de sua lente uma caracterização, por exemplo: f = 45 mm. Isso significa que, se pudéssemos retirar essa lente da máquina e apontá-la para o Sol, ela provocaria a máxima concentração de luz a 45 mm após atravessá-la. Essa distância é chamada de distância focal da lente; esse tipo de lente, denominado convergente [...].

Não são todas as lentes que concentram a luz; as utilizadas nos óculos de pessoas [...] são denominadas divergentes.

No microscópio composto, por exemplo, utilizam-se duas lentes convergentes, que produzem imagens bem maiores que as da lupa. A luneta também possui duas lentes convergentes ou uma convergente e outra divergente, para "aproximar" objetos de grande dimensão, porém, muito distantes.

Os materiais de que são feitas as lentes (vidro, plástico) são transparentes [...]. Entretanto, nem todos os tipos de vidro podem funcionar como lente; aqueles utilizados nos vitrôs de cozinha e de banheiro, por exemplo, impedem que os objetos possam ser vistos através deles com nitidez. Isso acontece devido à presença de impurezas na substância ou à forma de acabamento. [...]

CÂMERA fotográfica. Projeto Física e Cidadania. *UFJF*, Juiz de Fora, [20--]. Disponível em: https://www.ufjf.br/fisicaecidadania/conteudo/camera-fotografica/. Acesso em: 20 maio 2022.

Orientações didáticas

O boxe *#Para refletir* desta página propõe uma reflexão a respeito da exploração das imagens nas redes sociais. Além disso, o autoconhecimento, com ênfase nas emoções, é estimulado, facilitando o desenvolvimento das competências gerais 1, 7 e 8 e da competência específica 7 de Ciências da Natureza. Essa discussão também incentiva os estudantes a reconhecer as próprias emoções em relação às *selfies* e ao uso de redes sociais, tão comuns na cultura digital dos dias atuais.

#Para refletir

1. Espera-se que os estudantes reflitam sobre sua relação e a relação das pessoas que conhecem com as redes sociais, promovendo o autoconhecimento. Uma possível resposta é citar que as imagens divulgadas promovem a idealização da vida das pessoas. Verifique se eles notam que, ao evidenciar apenas os bons momentos, o cotidiano divulgado não é real.
2. Exemplos de respostas que podem ser relatadas: alegria, sucesso, superação, etc., pois é muito comum as pessoas postarem bons momentos e conquistas, por exemplo.
3. Essa questão também promove o autoconhecimento. Incentive os estudantes a compartilhar suas ideias sobre o assunto, desde que se sintam confortáveis para isso. Estudos apontam que ansiedade e depressão e outros problemas de saúde mental são causados pelo uso das redes sociais, em especial em crianças e jovens. O contato com registros de uma vida supostamente perfeita e a interação rápida são elementos que prejudicam o bem-estar e aumentam a frustração do usuário e sua dependência em relação às redes.

   Ao abordar os espelhos, sugerimos que verifique se os estudantes conhecem os tipos de espelhos mais comuns: planos e esféricos. Solicite a eles que mencionem outras situações cotidianas, além das apresentadas, em que os espelhos são usados.

Com o avanço das mídias visuais, a Idade Contemporânea se consolidou como o período histórico que mais expôs as pessoas às imagens. A capacidade de muitos gerarem e difundirem imagens, como as *selfies* (fotos de si próprio) feitas para as redes sociais, não tem precedentes na história da humanidade. Isso influencia a forma como nos comunicamos, os valores e os grupos sociais com os quais nos identificamos e o que consumimos. Não à toa, as redes sociais preponderantemente visuais são muito populares.

#Para refletir

1, **2** e **3**. Respostas pessoais. Consulte as Orientações didáticas.

NÃO ESCREVA NO LIVRO

1. Na sua opinião, as imagens veiculadas pelas redes sociais representam verdadeiramente a vida cotidiana das pessoas?
2. Quais valores ou sentimentos costumam estar associados às imagens postadas nas redes sociais?
3. Caso veja com frequência essas imagens, qual é o efeito delas sobre você?

Espelhos

Vimos que espelhos são peças fundamentais na construção dos instrumentos ópticos. Damos o nome de **espelho** a uma superfície que reflete a luz de maneira regular, podendo formar uma imagem nítida daquilo que é colocado à sua frente.

Os espelhos podem ser planos e curvos. **Espelhos planos** são superfícies planas que conjugam imagens no mesmo tamanho do objeto colocado à sua frente. Já os **espelhos curvos** podem formar imagens com diferentes características, maiores ou menores, direitas ou invertidas em relação ao corpo que está à sua frente.

Os espelhos usados pelos dentistas, por exemplo, fornecem um leve aumento para que eles possam observar melhor os dentes do paciente.

Postok-studio/Shutterstock

A imagem da jovem diante de um espelho plano não sofre nenhuma alteração de tamanho.

Bencemor/Shutterstock

O espelho usado pelos dentistas é um exemplo de espelho curvo que amplia a imagem refletida.

Reprodução do Livro do Estudante em tamanho reduzido.

#Para saber

O que acontece com seu cérebro se você largar o Facebook?

Matéria sobre o impacto das redes sociais em nossas rotinas e nos comportamentos com base em dois estudos científicos.

Disponível em: https://brasil.elpais.com/brasil/2019/02/12/tecnologia/1549990082_118422.html. Acesso em: 2 jun. 2022.

Lentes

Em páginas anteriores, estudamos o fenômeno da refração, que ocorre quando a luz passa de um meio para outro.

As lentes são objetos que atuam por refração, podendo desviar a luz que incide sobre elas. Ao fazer isso, as lentes podem gerar imagens maiores ou menores em relação às dimensões dos objetos. Lupas, microscópios e telescópios são exemplos de instrumentos ópticos que utilizam lentes em seu funcionamento.

Mix and Match Studio/Shutterstock

A lupa é um tipo de lente capaz de produzir imagens maiores em relação ao objeto analisado.

O olho humano como um instrumento óptico

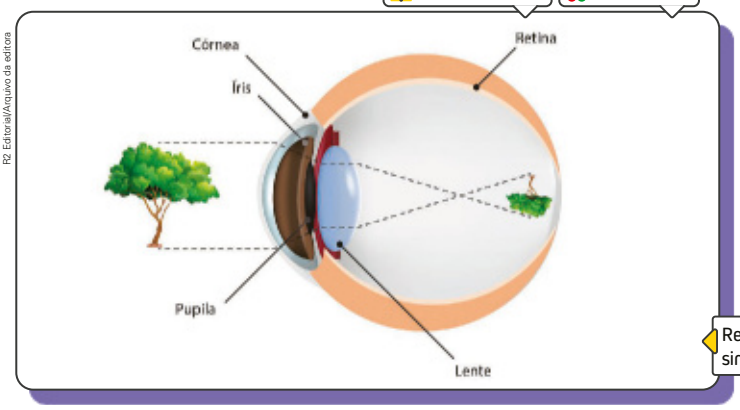
De maneira similar às câmeras fotográficas, podemos pensar que o olho humano funciona como um instrumento óptico. Quando olhamos um objeto, a luz produzida ou refletida na superfície desse objeto chega até nossos olhos e, em cada olho, passa pela córnea, entra na pupila, atravessa a lente do olho (também chamada de cristalino) e chega à retina, no fundo do olho. Na retina, forma-se uma imagem invertida, mas que é interpretada pelo cérebro com a orientação direita. O processo físico de visão acontece, portanto, dentro do olho, também conhecido por bulbo do olho ou globo ocular.

air008/Shutterstock

Podemos afirmar que o olho humano é um instrumento óptico.

FORA DE PROPORÇÃO

CORES FANTASIA



P2 Editorial/Arquivo da editora

Representação esquemática e simplificada do olho humano.

A miopia (dificuldade de enxergar de longe) e a hipermetropia (dificuldade de enxergar de perto) são problemas de visão que ocorrem porque a imagem formada na retina não é nítida, o que pode ser corrigido com o uso de óculos ou lentes de contato.

Reprodução do Livro do Estudante em tamanho reduzido.

Orientações didáticas

Para iniciar, sugerimos explicar que as lentes funcionam devido ao fenômeno de refração da luz, que desvia os raios de luz ao passar por elas. Pergunte aos estudantes que utilizam óculos se eles sabem qual é o tipo das lentes (convergente ou divergente) de seus óculos. O tipo das lentes pode ser associado aos problemas relacionados à visão estudados no 6º ano, assunto que pode ser retomado nesse momento. Os problemas de visão mais comuns são a miopia (corrigida por lentes esféricas divergentes), a hipermetropia (lentes esféricas convergentes) e o astigmatismo (lentes cilíndricas divergentes).

Em seguida, explore o esquema simplificado da formação de imagens no olho humano e sua semelhança com a formação das imagens em uma câmera fotográfica.

#Atividade complementar

Instrumentos ópticos

Caso haja instrumentos ópticos no laboratório da escola, ou tenha fácil acesso a eles, sugerimos uma atividade complementar na qual os estudantes possam explorar os instrumentos e fazer anotações sobre as imagens observadas.

Com uma lupa, por exemplo, eles notarão que as imagens são ampliadas até certo ponto e podem apresentar características diferentes, de acordo com a posição da lente em relação ao objeto. Com um microscópio, eles notarão que podem observar objetos e corpos muito pequenos de forma bastante ampliada, muito mais que na lupa. Com uma luneta, eles notarão que conseguem visualizar imagens de objetos bastante distantes; e assim por diante.

#Para saber

Miopia, hipermetropia e astigmatismo

O texto apresenta explicações sobre alguns dos problemas de visão mais comuns e as correções por meio de cirurgias ou do uso de óculos/lentes. Disponível em: https://drauziovarella.uol.com.br/doencas-e-sintomas/miopia-hipermetropia-e-astigmatismo/. Acesso em: 20 maio 2022.

Orientações didáticas

Sugerimos iniciar a discussão sobre as informações apresentadas nesta página incentivando os estudantes a analisar a imagem do excesso de iluminação da cidade de Hong Kong. Pergunte a eles como são as paisagens noturnas dos locais ondem vivem e solicite que as comparem com a paisagem representada na imagem.

Depois, você pode comentar os problemas decorrentes da poluição luminosa nas cidades, como disfunções do sono, desorientação de animais, como as tartarugas-marinhas retratadas na imagem, modificações no comportamento dos animais noturnos etc. Trabalha-se, assim, a competência específica 4 de Ciências da Natureza. Outro problema que pode ser mencionado relaciona-se com a observação astronômica, como mostra o texto a seguir.

#Para ler

Poluição luminosa de grandes cidades faz estrelas "desaparecerem" do céu e pesquisas minguarem

[...]

Quem olhasse para o céu na noite de 25 de janeiro de 1554, data da missa dos jesuítas José de Anchieta e Manoel da Nóbrega pela fundação da cidade de São Paulo, poderia avistar mais de 4 mil estrelas – caso não houvesse nuvens nem lua.

Hoje, não veria mais do que uma dúzia. A culpada pelo "desaparecimento" dos astros é a iluminação artificial da metrópole, com seus milhões de lâmpadas nas ruas, residências e lojas, além dos faróis de carros. A chamada poluição luminosa não apenas reduziu a beleza do céu noturno, como também causa problemas práticos. Ela prejudica as observações astronômicas e, consequentemente, a realização de pesquisas científicas que ampliam o conhecimento sobre o universo.

Segundo uma cartilha elaborada pelo Laboratório Nacional de Astronomia (LNA), localizado em Itajubá, em Minas Gerais, há três categorias de poluição luminosa. A primeira é o brilho do céu (sky glow), que é aquele aspecto alaranjado, causado pelas luzes, principalmente de lâmpadas de vapor de sódio, indevidamente direcionadas para o alto e para os lados. É pior em áreas com alta concentração de poluentes atmosféricos.

A segunda é o ofuscamento (glare), luz excessiva e direta nos olhos, causando cegueira momentânea. Um exemplo é o carro que trafega com faróis altos na direção contrária à de outro veículo. Por fim, a terceira categoria de poluição luminosa é a chamada luz intrusa (trespass), que é a iluminação de um ambiente que invade o domínio de outro, como, por exemplo, aquela que vem da rua e não permite que o quarto fique totalmente escuro durante a noite.

[...].

SILVEIRA, E. Poluição luminosa de grandes cidades faz estrelas "desaparecerem" do céu e pesquisas minguarem. *BBC Brasil*, 27 maio 2018. Disponível em: https://www.bbc.com/portuguese/geral-44177666. Acesso em: 20 maio 2022.

Excesso de luz e poluição luminosa

Pode-se afirmar que esse complexo mecanismo óptico do olho humano é também muito delicado. Olhar para telas por muito tempo pode causar ou intensificar problemas na visão e no bulbo ocular. Um dos principais problemas é o ressecamento dos olhos ocasionado pelo menor ritmo de piscadas que damos quando prestamos atenção em uma tela.

Great Pics - Ben Heine/Shutterstock

O excesso de iluminação artificial constitui um tipo de poluição luminosa que afeta as grandes cidades. Na foto, noite em Hong Kong, na China, 2020.

O excesso de luminosidade também pode interferir no sono. A **melatonina**, um hormônio produzido pelo corpo humano quando está escuro, tem como principal função regular o sono. A exposição a luzes artificiais inibe a produção desse hormônio e pode afetar o ritmo biológico das pessoas, causar insônia, estresse e até mesmo ser um fator de risco para o desenvolvimento de cânceres.

Outros seres vivos também são afetados pelas luzes artificiais. Elas podem, por exemplo, afetar a comunicação, a migração e a reprodução de algumas espécies. Por exemplo, considerando-se um mesmo ecossistema, animais noturnos terão seu tempo de busca por alimento reduzido, enquanto animais diurnos podem caçar por mais tempo, causando um desequilíbrio ambiental pela redução de presas. A luz artificial também pode alterar mecanismos de crescimento e florescimento de plantas. Por esses motivos, o excesso de luz artificial é chamado de **poluição luminosa**.

Reprodução/Imagem cedida pela Fundação Projeto Tamar

O excesso de iluminação artificial noturna também prejudica os animais. As tartarugas marinhas, por exemplo, alteram seus locais de desova e, consequentemente, ao saírem dos ninhos, seus filhotes ficam desorientados e são atraídos pelas luzes da cidade, deixando de seguir a direção do mar.

#Estude

O direito à escuridão noturna

Disponível em: https://revistapesquisa.fapesp.br/o-direito-a-escuridao-noturna/. Acesso em: 12 dez. 2021.

Matéria da Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de São Paulo (Fapesp) sobre a necessidade de se combater a poluição luminosa e criar medidas que possam ser empregadas para evitar prejuízos ambientais, econômicos e científicos.

Reprodução do Livro do Estudante em tamanho reduzido.

Em 2018, a França passou a discutir uma legislação para a redução da poluição luminosa e, desde 2003, a República Tcheca tem uma legislação para evitar emissões luminosas acima da linha do horizonte. Leia o trecho a seguir, que trata sobre o assunto.

Novo decreto francês quer diminuir poluição luminosa

Já está em vigor na França o decreto que determina que todos os painéis luminosos do país fiquem apagados entre uma e seis da manhã. A medida quer lutar contra muitas lojas e comércios que costumam deixar as luzes acesas a noite toda, mesmo com as operações encerradas.

Olhando a Terra do espaço, é quase impossível observar lugares sem iluminação durante a noite, e segundo especialistas isso tem prejudicado a vida de muitos animais noturnos. O presidente da Fundação para a Pesquisa sobre a Biodiversidade, Jean-François Silvain, acredita que esses animais estão sofrendo por causa da poluição luminosa.

Para o especialista, o excesso de luz artificial perturba o desenvolvimento de muitas espécies e até mesmo da flora: 'Os animais noturnos, como insetos ou até mamíferos, como os morcegos, reagem a essa inundação de luzes artificiais durante seu período de atividade. Por exemplo, fizemos recentemente um estudo na Fundação onde nos interessamos sobre a perturbação dos insetos polinizadores noturnos, que polinizam as plantas durante a noite. Vimos uma redução drástica na quantidade desses insetos, o que fez com que essas plantas produzissem menos grãos e frutas'.

A nova medida para evitar as luzes dos painéis luminosos parece ser somente a ponta do *iceberg*. A grande responsável por toda essa poluição continua sendo a iluminação pública. Nos últimos anos, houve um aumento de 94% na quantidade de postes e luminárias nas cidades. [...]

Medidas

No mesmo ano, muitos parques nacionais nos Estados Unidos começaram a desenvolver planos para contenção da poluição luminosa, de modo a manter o céu o mais natural possível. Já a República Tcheca criou a primeira lei federal antipoluição luminosa. A lei entrou em vigor em 1º de junho de 2003 e considera como poluição luminosa "todas as formas de iluminação artificial irradiada para além das áreas destinadas, principalmente se direcionadas acima da linha do horizonte'. [...]

NOVO DECRETO francês quer diminuir poluição luminosa. *RFI*, 5 jul. 2018. Disponível em: https://www.rfi.fr/br/geral/20180705-novo-decreto-frances-quer-diminuir-poluicao-luminosa. Acesso em: 12 dez. 2021.

A Terra vista do espaço. A imagem mostra a silhueta iluminada da Itália, os Alpes e o mar Mediterrâneo, e foi compartilhada pelo astronauta britânico Timothy Peake (1972-), da Agência Espacial Europeia (ESA), em 25 de janeiro de 2016.

#Para interpretar

NÃO ESCREVA NO LIVRO

1. Qual é o argumento presente no trecho que justifica o debate francês sobre a "proteção da noite", ou seja, a diminuição da luminosidade artificial no período noturno?
2. Quais argumentos você usaria a favor da proteção da noite?

1. O desequilíbrio ambiental causado pela iluminação artificial. Consulte as Orientações didáticas.
2. Resposta pessoal. Consulte as Orientações didáticas.

Orientações didáticas

#Para interpretar

O texto da página e as atividades do boxe *#Para interpretar* propiciam o desenvolvimento da inferência textual, o desenvolvimento da competência geral 7 e das competências específicas 4 e 5 de Ciências da Natureza. Sugerimos que você peça aos estudantes que façam a leitura individual do texto e respondam aos dois questionamentos. Depois, pode-se abrir uma discussão com a turma sobre o texto e as respostas, incentivando os estudantes a compartilhar suas ideias com os colegas.

1. A resposta à questão proposta está no Livro do Estudante. Para exemplificar o desequilíbrio ambiental causado pela iluminação artificial, o texto menciona os impactos sobre os insetos noturnos polinizadores e a diminuição de grãos e frutos produzidos por plantas que dependem dessa polinização.

2. Resposta pessoal. Alguns argumentos são: saúde humana (regulagem do sono), interferência ambiental (alteração no comportamento de outros seres vivos, mencionada no texto), questões econômicas (uso de lâmpadas menos potentes e direcionadas para o chão), científicas (menor interferência em instrumentos de observação astronômica) e culturais (a escuridão da noite permite a visualização de astros do céu e, portanto, a escuridão pode ser entendida como patrimônio da humanidade).

Reprodução do Livro do Estudante em tamanho reduzido.

#Para ler

A noite, um monumento que corre risco

Unesco foi solicitada para fazer da "escuridão" patrimônio da humanidade

Já estava na hora: os políticos começam, enfim, a legislar sobre a noite. A República Checa votou uma lei que entrou em vigor sábado passado, visando a proteger e a restaurar a noite. Respira-se fundo: a noite é "um monumento que corre risco". Além disso, a Unesco foi solicitada a fazer da noite "patrimônio da humanidade". Nada mais legítimo. Basta levantar o nariz para o céu para avaliar a amplitude dos desgastes: nossas noites são ruínas, monumentos praticamente demolidos.

É evidente que nos países desenvolvidos as devastações são as mais desastrosas. Na Europa, a metade da população não tem mais como ver a Via Láctea, aquele rastro luminoso, composto por bilhões de estrelas que compõem a galáxia. Oitenta por cento dos americanos jamais viu uma noite – enfim, uma verdadeira noite, uma noite escura, o infinito vazio da escuridão da noite. Dois terços dos europeus encontram-se na mesma situação.

Sabemos muito bem as causas desse enorme "acidente industrial": a tecnologia, os sistemas de iluminação noturna, que são bem mais potentes do que seria necessário. Toda noite, todas as cidades (e mesmo os povoados) da Terra – sobretudo no Ocidente – fazem jorrar ondas de luz inútil, que instalam acima de nós "raios luminosos", que destroem a noite. [...]

LAPOUGE, G. A noite, um monumento que corre risco. *O Estado de S. Paulo*. São Paulo, 5 jun. 2002. p. A17.

Orientações didáticas

Sugerimos retomar a imagem da abertura do capítulo, da artista Cecilia Paredes, para que os estudantes se lembrem da técnica de camuflagem utilizada por ela. Esse momento pode ser utilizado para verificar se eles compreenderam os fenômenos de reflexão e absorção, e como ponte para a discussão do conteúdo do boxe *#Integrando as Ciências*.

#Integrando as Ciências

Sugerimos que utilize as informações do texto para evidenciar que diversas áreas do conhecimento podem ser mobilizadas a estudar os mesmos fenômenos, considerando diferentes perspectivas. Se possível, sugerimos convidar professores de outras áreas para ajudar na discussão sobre o tema, evidenciando diferentes perspectivas sobre o uso da luz e o desenvolvimento tecnológico nos dias de hoje.

Na segunda parte do texto, questione os estudantes sobre seus hábitos de sono e pergunte o que entendem da frase "passamos um terço das nossas vidas dormindo", apresentada no penúltimo parágrafo do texto. Oriente-os para se posicionar a respeito do sentido dessa frase, defender seus argumentos e a ouvir os do colega com empatia, estimulando, assim, as habilidades de relacionamento.

Para trabalhar a inferência textual, sugerimos orientar os estudantes a responder às atividades do boxe *#Para interpretar*, na página seguinte, e, posteriormente, compartilharem suas respostas com os colegas.

Vimos que o impacto humano na natureza nos remete à imagem do início do capítulo, que mostra a obra da artista peruana Cecilia Paredes (1950-), que faz uso de princípios da camuflagem em sua *performance*.

A poluição luminosa afeta também a camuflagem de seres vivos, uma importante estratégia de defesa dos animais. Afinal, pode ser difícil passar despercebido em um ambiente muito iluminado.

Ao se vestir e pintar o corpo com cores semelhantes às do cenário, a artista peruana busca reproduzir os efeitos de absorção e reflexão da luz para passar despercebida. Esse pode ser o ponto de partida para uma reflexão sobre o papel do ser humano na natureza e a importância de não interferir tanto no ambiente em respeito às outras espécies que vivem no planeta.

#Integrando as Ciências

A combinação de várias ciências oferece uma visão mais ampla para se estudar fenômenos naturais e sociais. Esse é o caso da luz.

Dentro da Física, a luz pode ser estudada pelos campos da óptica, relacionada com as fontes de luz, e da eletricidade e da termologia, quanto à forma de produção da luz em lâmpadas, fogueiras e lampiões, por exemplo, analisando-se a relação entre temperatura, durabilidade e tipo de luz emitida.

O vaga-lume (inseto da família Lampyridae) é um exemplo de ser vivo capaz de emitir luz própria: a bioluminescência.

Na Química, a luz está presente na investigação dos combustíveis e das reações químicas que geram luminosidade, como na comparação da combustão da madeira, de óleos ou de gás natural para produção de luz, ou, mesmo, no desenvolvimento de processos químicos para revelar imagens fotográficas.

Na Biologia, há estudos sobre o efeito da bioluminescência, por meio do qual seres vivos, como os vaga-lumes, emitem luz; e também sobre o efeito da luz sobre os seres vivos, como no caso da melatonina e do sono em humanos e o equilíbrio ambiental.

Na Geografia, a luz se relaciona com o poder econômico e o desenvolvimento das nações e, também, características entre cidade e campo.

Na História, pode-se estudar as mudanças oportunizadas pelo domínio da iluminação e como diferentes tecnologias impactaram as atividades econômicas e culturais. Um exemplo é como o domínio de fontes de luz artificiais seguras pode aumentar o tempo de trabalho produtivo, desde a cópia de manuscritos durante a noite na Idade Média até a instauração de jornadas de trabalho contínuas em todos os turnos do dia nas fábricas pós-Revolução Industrial.

Antropologia e Sociologia podem contribuir com investigações e reflexões sobre o papel da luz e das imagens e de sua relação com as formas de organização social, de valorização estética ou de conduta pessoal.

Isso nos mostra que os métodos de pesquisa e os conhecimentos produzidos por diversas ciências se complementam e se somam para que haja melhor descrição e maior compreensão do que acontece na nossa realidade. Veja o exemplo a seguir, extraído de uma pesquisa científica sobre economia, poluição luminosa e saúde.

Reprodução do Livro do Estudante em tamanho reduzido.

#Para ler

Guia do sono

[...]

É durante o sono que o organismo recupera o desgaste físico e mental, e ainda cumpre tarefas essenciais para o seu bom funcionamento.

Uma noite mal dormida é de efeito semelhante a uma leve embriaguez. Prejudica a coordenação motora e a capacidade de raciocínio.

[...]

Como funciona

O processo do sono é comandado por um relógio biológico programado num ciclo de 24 horas. Todo esse mecanismo é adaptado geneticamente e seu desenvolvimento depende de alguns fatores externos, como tipos de colchões, hábitos e vida social.

Segundo especialistas, a peça-chave dessa sincronia é um hormônio produzido no cérebro pela glândula pineal chamado melatonina. Seu ponto de ignição é assim que o sol se põe, como uma espécie de aviso ao organismo para que comece a se preparar para dormir.

No início deste processo, a temperatura cai em torno de 2 °C juntamente com a pressão arterial que também sofre uma leve queda, levando ao primeiro cochilo.

Fases do sono

O processo do sono é composto por cinco fases. A primeira fase é a do adormecimento, o que pode durar

> O desenvolvimento tecnológico a partir da Revolução Industrial transformou completamente os modos de viver na sociedade, ganhando ainda mais força do século XIX para o século XX, com o advento da energia elétrica. Nesse contexto, ocorreram mudanças no ritmo de trabalho e produção, assim como na percepção coletiva do tempo, que perece estar cada vez mais acelerado, consequentemente os padrões socioeconômicos e culturais também mudaram. Mercados, farmácias, indústrias, restaurantes, igrejas, entre outros estabelecimentos têm aderido cada vez mais a um modelo ininterrupto de funcionamento [...].
>
> Os seres humanos foram moldados em um ambiente ancestral que alternava de altas intensidades luminosas de dia para baixas à noite. Neste ambiente a alternância de claro e escuro tornou-se um sinalizador importante na organização temporal do comportamento e da fisiologia humana [...].
>
> Entretanto, com o advento da luz elétrica e a revolução tecnológica, a sociedade passou a adotar um estilo de vida que favoreceu o surgimento de uma sociedade 24/7, na qual as pessoas trabalham, dormem, comem, divertem-se a qualquer hora do dia ou da noite. Essa exposição exacerbada à luz à noite (LAN) pode causar resultados adversos à saúde, como, prejuízos ao sono [...]
>
> O que observamos hoje é uma noite superiluminada (poluição luminosa) e um dia pouco iluminado, tendo em vista que grande parte dos trabalhadores e estudantes nas zonas urbanas passam longos períodos dentro de espaços fechados. Muitas atividades se dão dentro de salas de aula, escritórios, indústrias, lojas, *shoppings*, hospitais, entre outros, o que implica em menos contato com a luz do sol e maior contato com as luzes artificiais dos ambientes. [...]
>
> [...] A flexibilidade e instabilidade do mercado de trabalho, além da grande quantidade de informações e produtos a serem consumidos, tornam o dia insuficiente e a noite passa a ser utilizada para a realização de atividades diversas em detrimento do sono.
>
> Existe uma cultura de desvalorização do sono. Segundo Crary (2014), quem nunca ouviu a frase 'passamos um terço das nossas vidas dormindo'? Essa é só uma das tantas expressões que podem ser usadas na perspectiva de caracterizar pejorativamente a fase de sono como perda de tempo. Isso se evidencia como uma consequência do nosso estilo de vida exageradamente acelerado, em que pausas e descansos não são aceitos ou bem interpretados.
>
> Contudo deve-se considerar que a rotina da sociedade de trabalhar, estudar, consumir e realizar cada vez mais atividades de forma a estender as horas em vigília leva a prejuízos à saúde geral do indivíduo [...] e diminuição do desempenho cognitivo.

PINHEIRO, E. M. N.; SILVA, R. T. de O.; BRITO, R. C. da S.; VALENÇA, C. N.; SOUZA, J. C. de. Capitalismo, poluição luminosa e negação do sono: um debate relevante para o campo da Saúde Coletiva. *Research, Society and Development*, v. 10, n. 9, 2021. Disponível em: https://rsdjournal.org/index.php/rsd/article/view/18132/16157. Acesso em: 2 mar. 2022.

#Para interpretar

NÃO ESCREVA NO LIVRO

1. Identifique, segundo os autores da pesquisa, efeitos relacionados com a iluminação artificial na sociedade e na vida das pessoas.
2. No trecho citado, você identifica conhecimentos de quais áreas do saber? Exemplifique.

1 e **2**. Respostas pessoais. Consulte as Orientações didáticas.

Reprodução do Livro do Estudante em tamanho reduzido.

Orientações didáticas

#Para interpretar

1. As respostas devem mencionar o surgimento de uma nova forma de organizar o tempo, a poluição luminosa, o trabalho em espaços fechados, a desvalorização do sono e os problemas de saúde. Por exemplo, o uso da luz artificial nos ambientes possibilita que as pessoas trabalhem, comam e se divirtam a qualquer hora do dia. Outro exemplo é que vivemos uma "cultura de desvalorização do sono", caracterizada pela adoção de um estilo de vida mais acelerado, que deixa, muitas vezes, a saúde geral do indivíduo em segundo plano.

2. Conhecimentos das Ciências da Natureza sobre a luz elétrica, a poluição luminosa e o sono, conhecimentos das Ciências Humanas sobre a Revolução Industrial, a organização social do trabalho, as formas de produção e consumo, e aspectos culturais que valorizam ou desvalorizam certos comportamentos, como o sono.

até quinze minutos. É como uma espécie de zona intermediária entre estar acordado e dormindo.

O cérebro produz ondas irregulares e rápidas, a tensão muscular diminui e a respiração se torna mais leve.

A segunda fase é a de um sono mais leve. A temperatura e os ritmos cardíaco e respiratório diminuem e a pessoa é definitivamente conduzida ao limite entre estar acordada e dormindo.

Na terceira fase o corpo já começa a entrar em um sono profundo, onde as ondas cerebrais diminuem o ritmo.

A quarta fase é a do sono profundo quando o corpo repõe as energias do desgaste diário. Nesta fase é que o organismo libera os hormônios ligados ao crescimento e executa o processo de recuperação de células e órgãos.

A quinta fase é quando a atividade do cérebro acelera e inicia o processo de formação dos sonhos. É quando o cérebro faz um tipo de faxina na memória, guardando as informações importantes recebidas durante o dia e joga fora as informações desnecessárias.

[...]

NUNES, C. *Dormir bem*: a importância de uma boa noite de sono. Disponível em: http://www.fiocruz.br/biosseguranca/Bis/infantil/guiadosono.htm. Acesso em: 20 maio 2022.

Orientações didáticas

As atividades presentes nesta seção permitem ampliar e desenvolver a habilidade EF09CI04, pois trabalham conceitos relacionados à identificação das cores por meio das cores primárias da luz, e a habilidade EF09CI05, ao tratar de aparatos humanos relacionados com as imagens e a comunicação.

Sugerimos que selecione alguns exercícios para que sejam feitos em sala de aula e outros em casa, com a ajuda da família ou responsável. Separe alguns minutos de sua próxima aula para realizar a correção dos exercícios e verificar possíveis defasagens de conteúdo. Caso julgue necessário, faça uma revisão dos conteúdos abordados até o momento.

A atividade 1 permite trabalhar as competências gerais 6 e 7 e a competência específica 3 de Ciências da Natureza. A atividade 2 propicia o desenvolvimento da competência geral 7 e da competência específica 3 de Ciências da Natureza.

#Atividades

1. Resposta pessoal. Espera-se que, considerando a poluição visual, os estudantes escolham opções que reduzam esse tipo de problema. Uma possível resposta é optar pelo último modelo, porque nele a luz está direcionada para baixo, o que evita o desperdício de energia e diminui o impacto da poluição luminosa.

2. Resposta pessoal. Espera-se que os estudantes relacionem a grande iluminação que pode ser observada na imagem de satélite com o tipo de luz utilizada nas vias públicas, como os postes de iluminação retratados na outra imagem. Um exemplo de texto é: A imagem de satélite da América do Sul à noite mostra como as ações humanas podem impactar o mundo. Até mesmo do espaço é possível identificar algumas cidades e mesmo alguns países por causa da quantidade de luz emitida. É possível perceber que a iluminação artificial destaca particularmente algumas áreas. O Sudeste brasileiro, por exemplo, está mais intensamente iluminado do que a região Norte, cuja densidade populacional é comparativamente mais baixa.
As luzes observadas na primeira imagem são emitidas, principalmente, pela iluminação pública. Postes como o da segunda imagem acrescentam charme ao ambiente, mas não são os mais adequados porque não direcionam a iluminação para o solo, desperdiçando energia, além dos problemas ambientais que a poluição luminosa pode causar.

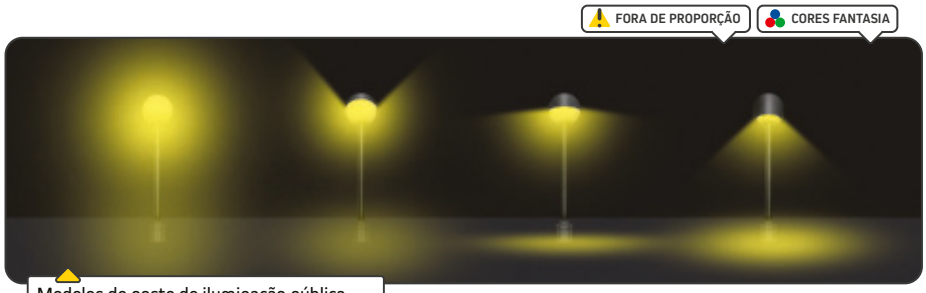
3. As questões propostas, bem como o tema da poluição luminosa, podem mobilizar um trabalho em colaboração com os professores de Geografia, Química e Biologia para abordar questões econômicas, sociais e ambientais relacionadas com o assunto.
Como encaminhamento final da atividade, pode-se tentar o contato com vereadores ou setores da prefeitura para sugerir medidas de combate à poluição luminosa, como a instalação, nas estruturas de iluminação pública, de lâmpadas mais eficientes, direcionadas e dimensionadas para as necessidades de iluminação, como lâmpadas LED, de potência adequada e voltadas para o chão. Também é válido combater o excesso de iluminação em empreendimentos industriais, comerciais e residenciais, estabelecendo critérios normativos para a potência e a configuração das luminárias de acordo com as atividades e as áreas que precisam ser iluminadas.
No Brasil, uma das iniciativas públicas para combater a poluição luminosa é o plano diretor de iluminação pública de Campinas, implantado em 2010, que propõe a regulação da poluição luminosa e a utilização racional da iluminação pública, estimando uma economia de 25% de energia elétrica.

#ATIVIDADES

NÃO ESCREVA NO LIVRO

Consulte as Orientações didáticas para respostas e comentários das atividades.

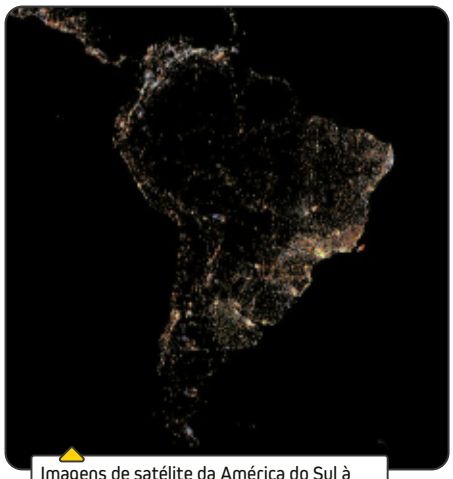
1. A imagem a seguir apresenta quatro modelos de postes de iluminação pública a serem instalados em uma cidade. Se você fizesse parte da equipe de técnicos da prefeitura responsável por escolher os modelos de poste, por qual deles você optaria? Por quê?



R2 Editorial/Arquivo da editora

Modelos de poste de iluminação pública.

2. Observe as duas imagens a seguir.



Noaa/SPL/Fotoarena

Imagens de satélite da América do Sul à noite. Fotografia de 2003.

Daniel Cymbalista/Pulsar Imagens

Poste de iluminação de estilo antigo no Centro Histórico de São Paulo (SP), 2019.

Você identifica alguma cidade na primeira imagem? Qual é a relação da primeira imagem com a segunda? Escreva um texto com até 15 linhas em que você responda às perguntas anteriores e faça outros comentários sobre as imagens.

3. Ao longo do capítulo, você teve contato com uma proposta de lei francesa para combater a poluição luminosa e uma iniciativa da República Tcheca que, desde 2003, evita emitir luz à noite acima da linha do horizonte.

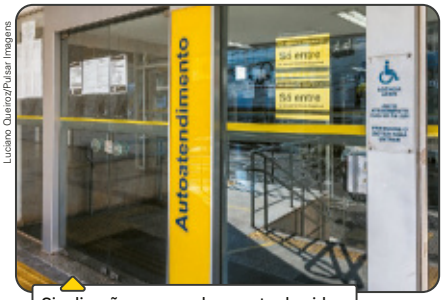
a) Qual é a sua opinião sobre a legislação da República Tcheca que busca diminuir a poluição luminosa durante a noite?

b) Você conhece alguma medida semelhante no município em que mora?

Reprodução do Livro do Estudante em tamanho reduzido.

4. Portas e paredes de vidro sinalizadas, como as da imagem a seguir, evitam que as pessoas se choquem com elas por não as terem percebido. Qual fenômeno está relacionado com a necessidade de sinalização para esse tipo de porta? Explique.

4. O fenômeno da refração.

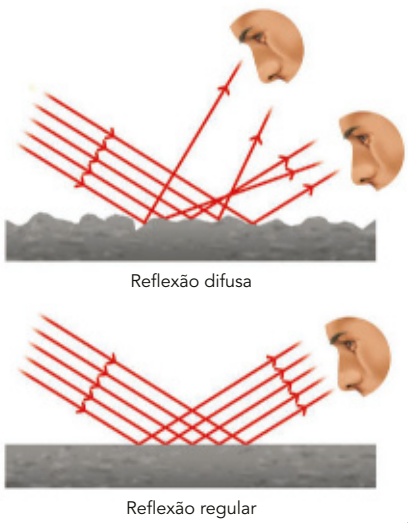


Luciano Queiroz/Pulsar Imagens

Sinalização em parede e porta de vidro.

5. Classifique objetos de seu cotidiano quanto à possibilidade da passagem da luz, isto é, se são transparentes, translúcidos ou opacos.

6. As imagens a seguir representam duas situações possíveis para o que ocorre quando a luz incide em uma superfície. Os olhos representam duas pessoas observando a superfície. Escreva uma legenda para cada uma das imagens.



R2 Editorial/Acervo da editora

Reflexão difusa

Reflexão regular

7. A zebra nos parece listrada de branco e preto quando iluminada pela luz solar. Se, em vez da luz branca do Sol, ela fosse iluminada por uma luz verde, quais cores seriam observadas? **7.** Verde e preto.

Ehrman Photographic/Shutterstock

As zebras são animais tipicamente listrados de branco e preto.

8. O trecho a seguir, da *Cartilha do Consumidor* disponibilizada pelo Instituto de Proteção e Defesa do Consumidor (Procon), de Alagoas, explica um dos cuidados que devemos ter ao comprar carne.

> [...]
>
> **Carnes**
>
> As carnes, quando malconservadas, estragam rapidamente. Para não correr o risco de comprar carne estragada, observe algumas coisas:
>
> 1. Procure açougues que tenham boas condições de higiene. Verifique as paredes, os balcões e principalmente a luz. Se a luz que ilumina a carne for vermelha, cuidado! Colocar esta luz vermelha é ilegal, pois muda a cor da carne fazendo-a parecer que é mais nova.
> 2. O carimbo roxo do SIF (Serviço de Inspeção Federal) e do SIE (Serviço de Inspeção Estadual) mostra que a carne foi aprovada pela fiscalização.
>
> Tome cuidado com a carne que não foi fiscalizada, pois pode estar contaminada.
>
> A carne também pode ser contaminada depois da inspeção, no próprio açougue ou estabelecimento de comercialização.

8. Porque, com iluminação vermelha, a carne parece ser mais vermelha do que realmente é, dando a impressão de que é de melhor qualidade.

Reprodução do Livro do Estudante em tamanho reduzido.

Orientações didáticas

#Atividades

3. a) Resposta pessoal. Incentive os estudantes a compartilhar suas opiniões e ouvirem a opinião dos colegas com empatia, trabalhando as habilidades de relacionamento.

b) Resposta pessoal. Espera-se que os estudantes compartilhem experiências com a iluminação noturna do local onde moram, por exemplo.

4. A resposta à questão sugerida está no Livro do Estudante. Como o vidro é um meio transparente, a luz o atravessa. A refração da luz pode não ser facilmente percebida por uma pessoa, em especial se o vidro for fino e bem transparente. A sinalização evidencia a presença do vidro e evita acidentes.

5. Resposta pessoal. As respostas podem ser diversas. Incentive os estudantes a lembrar de objetos domésticos e escolares que costumam ser usados no cotidiano.

Exemplos de meios transparentes: vidro de janelas ou de copos, papel-filme de cozinha, água em um copo.

Exemplos de meios translúcidos: vidro fosco de boxe, tijolo de vidro jateado, papel-manteiga.

Exemplos de meios opacos: azulejo de banheiro, assoalho de cerâmica, tampo de pedra, parede de alvenaria ou madeira.

6. Primeira imagem: a reflexão difusa em uma superfície possibilita que os dois observadores sejam atingidos pela luz refletida. Segunda imagem: a reflexão regular em uma superfície possibilita que apenas um dos observadores enxergue a luz refletida.

7. Verde e preto, pois o branco refletiria a cor verde, e não o preto. A atividade permite ampliar e desenvolver a habilidade EF09CI04, pois trabalha conceitos relacionados à identificação de cor dos objetos quando iluminados por uma luz monocromática. As competências gerais 1 e 6 também estão presentes.

8. A resposta à questão está no Livro do Estudante. Afinal, sendo o vermelho a única cor passível de ser refletida, esse artifício disfarça outras colorações que poderiam indicar que a carne é de má qualidade ou mesmo que está estragada, como a cor esverdeada, de que a cartilha trata no item 3.

Orientações didáticas

#Atividades

9. As respostas às questões estão disponíveis no Livro do Estudante.

I. O ar é um meio transparente para a passagem de luz.

II. O preto absorve todas as cores, e o branco reflete todas as cores.

III. Elas são verdes porque refletem a cor verde da luz do Sol.

IV. A cor de um corpo qualquer está relacionada com as cores da luz que ele absorve e reflete. Se o objeto é vermelho, é porque ele reflete preponderantemente o vermelho e absorve as outras cores.

V. Como não permitem a passagem da luz, essas cortinas são meios opacos.

VI. As cores formadas por luzes seguem a lógica do sistema aditivo, e cores formadas por tintas seguem o sistema subtrativo.

10. A atividade possibilita o desenvolvimento da competência específica 6 de Ciências da Natureza.

a) A soma das luzes de diferentes cores produz a percepção da luz branca.

b) As cores primárias da luz: vermelho, verde e azul.

c) A relação é que diferentes cores podem ser produzidas com algumas frequências de luz.

#Para saber

Azul + Verde + Vermelho = Branco?
Esse vídeo, com cerca de 5 minutos, mostra uma alternativa de construção de um disco de Newton e pode ser usado para complementar a atividade 10.
Disponível em: https://www.youtube.com/watch?v=LIKeTEzYrjo. Acesso em: 20 maio 2022.

11. A atividade propicia o trabalho das competências gerais 3 e 7 e da competência específica 5 de Ciências da Natureza.

a) Ambos os artistas utilizam a absorção e a reflexão da luz dos cenários, das roupas e das pinturas para ficarem quase invisíveis. Mas essa não é a única maneira de se tornar invisível. Um vidro muito fino e transparente também nos parece invisível, por isso são colocadas faixas de sinalização para indicar sua existência, como visto na atividade 4. No caso do vidro, a refração da luz nos é imperceptível, e praticamente não há reflexão nem absorção de luz.

b) Absorção e reflexão.

c) Resposta pessoal. Para tornar um objeto invisível, é possível utilizar um fenômeno chamado continuidade óptica: quando colocamos dois materiais juntos que têm a mesma refração.

12. Isso acontece porque essas são as cores primárias da luz, de acordo com o sistema RGB ou sistema aditivo, no qual, com essas três cores (vermelho, verde e azul), é possível fazer combinações para criar as outras cores. A passagem de corrente elétrica transmite as informações para a formação da imagem, modificando a orientação do cristal líquido e, assim, permitindo ou bloqueando a passagem da luz branca por cada um dos filtros.

NÃO ESCREVA NO LIVRO

3. Observe a cor da carne. A carne de boi estragada pode apresentar cor esverdeada e forte cheiro de podre. [...]

INSTITUTO DE PROTEÇÃO E DEFESA DO CONSUMIDOR (Procon). Departamento de Proteção e Defesa do Consumidor. *Cartilha do Consumidor*, 1999, p. 18. Disponível em: https://procon.rs.gov.br/upload/arquivos/201712/20172559-cartilha-do-consumidor-mj.pdf. Acesso em: 20 abr. 2022.

Agora, responda no caderno: Por que um açougue iluminar as carnes com luz vermelha é ilegal?

9. I. Falsa. II. Verdadeira. III. Falsa. IV. Verdadeira. V. Falsa. VI. Falsa.

9. No caderno, classifique as afirmativas a seguir em verdadeiras ou falsas, corrigindo as afirmativas falsas.

I. O ar é um meio translúcido para a passagem de luz.

II. Superfícies escuras absorvem mais os raios de luz do que superfícies claras.

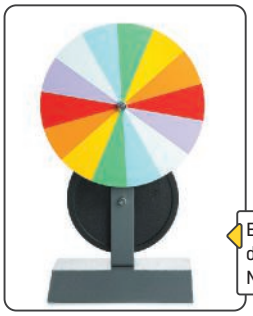
III. As folhas são verdes porque absorvem a luz verde proveniente do Sol.

IV. O morango tem cor vermelha porque reflete preponderantemente a cor vermelha e absorve as demais.

V. Cortinas do tipo blecaute usadas para impedir a passagem de luz são meios translúcidos.

VI. Pigmentos de tinta ou luzes obedecem à mesma lógica para formar a cor dos objetos.

10. Busque, se possível na internet, por vídeos do experimento chamado disco de Newton. Se não for possível buscar na internet, pesquise em livros didáticos ou de divulgação científica.



SPL/Fotoarena

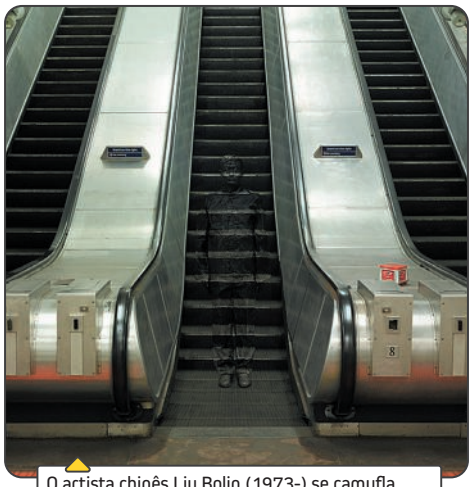
Exemplo de disco de Newton.

a) O que esse experimento nos permite observar?

b) Se possível, planeje e construa um disco de Newton com o mínimo de cores possível. Quais seriam essas cores?

c) Há alguma relação entre o disco de Newton e mecanismos de produção de imagens em telas digitais? Explique.

11. Observe a imagem a seguir, do artista visual chinês Liu Bolin.



Reprodução/Cortesia de Liu Bolin e Liu Bolin Art Studio

O artista chinês Liu Bolin (1973-) se camufla no cenário por meio de roupas previamente preparadas e pinturas no corpo, sem nenhum tratamento de imagem. *Hiding in London nº 3 – Underground escalators* [*Escondido em Londres nº 3 – Escadas rolantes subterrâneas*], fotografia de 2014.

11. Consulte as Orientações didáticas.

a) Qual é a relação dessa fotografia com a imagem da abertura deste capítulo, da artista peruana Cecilia Paredes?

b) Quais são os fenômenos explorados por esses artistas para se tornarem praticamente invisíveis?

c) Há outras maneiras de se tornar algo invisível?

12. No caderno, escreva um texto curto para explicar por que, para a produção de imagem em telas LCD, são utilizados apenas três filtros: vermelho, azul e verde?

12. Consulte as Orientações didáticas.

Reprodução do Livro do Estudante em tamanho reduzido.

CAPÍTULO 11

Ondas eletromagnéticas

Objetivos do capítulo

- Diferenciar ondas mecânicas de ondas eletromagnéticas.
- Compreender o espectro eletromagnético.
- Identificar aplicações para ondas eletromagnéticas.
- Debater relações entre ciência, tecnologia e sociedade.

Na BNCC

Habilidades: EF09CI05, EF09CI06 e EF09CI07.

LeoPatrizi/Getty Images

O *smartphone* tem presença marcante no dia a dia dos jovens, seja para conversar com outras pessoas, ouvir música, tirar fotos, estudar, checar as redes sociais, seja para trabalhar e até mesmo para fazer compras.

O amplo uso do telefone celular nos últimos anos, sobretudo após a criação dos *smartphones*, evidencia como as tecnologias são parte da cultura. Segundo o Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE), em 2019, 94% das residências brasileiras tinham ao menos um telefone celular e 81% da população com 10 anos ou mais já tinha um aparelho pessoal. Desses, 98,6% usavam o equipamento para acessar a internet.

Também em 2019, uma pesquisa promovida por uma fabricante de telefones identificou que sete em cada dez adolescentes brasileiros consultavam o aparelho celular ao acordar. É uma mudança radical de hábitos se compararmos com gerações anteriores à popularização da telefonia celular.

Apesar da popularidade desse tipo de tecnologia, são poucos os que compreendem completamente seu funcionamento e o impacto que ele tem no dia a dia. Afinal, como esses aparelhos são capazes de receber e reproduzir som e imagem, principalmente pela internet? Que problemas poderiam ser causados pelo seu uso excessivo? Esses são alguns dos assuntos que vamos investigar neste capítulo.

#Para iniciar

NÃO ESCREVA NO LIVRO

- Como funciona o telefone celular?
- Na sua opinião, o telefone celular pode fazer mal à saúde? Se sim, de que forma?
- Os benefícios oferecidos pelo telefone celular são maiores que os supostos danos que ele apresenta? Explique sua opinião.

Respostas pessoais para mobilização dos conhecimentos prévios dos estudantes. Consulte as Orientações didáticas.

Reprodução do Livro do Estudante em tamanho reduzido.

Orientações didáticas

Neste capítulo, são apresentadas as ondas eletromagnéticas e suas principais classificações. Os estudantes vão aprender a diferenciar ondas eletromagnéticas de ondas mecânicas, conhecer o espectro eletromagnético e a classificação de cada faixa de radiação, compreender as aplicações de cada uma dessas faixas e ponderar sobre a relação entre o desenvolvimento desses conceitos e o avanço da ciência e da tecnologia, bem como refletir sobre suas implicações na sociedade. Nesse contexto, será favorecido o trabalho com a habilidade EF09CI05, relativa às tecnologias de comunicação desenvolvidas com o conhecimento das ondas eletromagnéticas, e as habilidades EF09CI06 e EF09CI07, nas discussões propostas ao longo do capítulo e no estudo das aplicações desse tipo de onda.

Para iniciar a discussão do capítulo, peça aos estudantes que observem a imagem de abertura e indiquem o que há em comum entre todos os jovens na fotografia. Espera-se que observem que todos estão utilizando *smartphones* ou aparelhos celulares. Questione os estudantes sobre o uso de celulares no dia a dia, verificando o quanto eles costumam usar esse equipamento e se entendem o papel das ondas eletromagnéticas nessa tecnologia.

#Para saber

Ensino por investigação a partir do enfoque CTS em uma controvérsia simulada: o celular pode fazer mal à saúde?
Trabalho científico, do campo de Ensino de Ciências, que fundamentou a abertura do capítulo. O trabalho propõe a metodologia de ensino por investigação para tratar das ondas eletromagnéticas, com base na seguinte pergunta disparadora: O celular pode fazer mal à saúde?
Disponível em: https://app.uff.br/riuff/handle/1/5979. Acesso em: 3 jun. 2022.

#Para iniciar

Este boxe tem o objetivo de auxiliá-lo(a) na identificação dos conhecimentos prévios, das habilidades, das atitudes e dos valores dos estudantes. Por isso, sugerimos que eles realizem o registro de suas respostas iniciais no caderno, a fim de que possam ser retomadas e revistas no final do capítulo. Isso contribuirá para que se conscientizem do desenvolvimento de suas aprendizagens e da construção do seu conhecimento.

A discussão proposta nesses questionamentos propicia um momento no qual os estudantes precisarão argumentar com base em fatos e dados que têm à disposição, para defender sua opinião a respeito do uso de um aparelho comum no cotidiano de muitas pessoas: o celular.

Sugestões de respostas e comentários às questões propostas:

- É possível que os estudantes respondam que o celular funciona por meio da internet ou das ondas eletromagnéticas, mas um entendimento mais profundo pode ser formulado com o auxílio de outras questões. Por exemplo: O que são ondas eletromagnéticas? Como elas se propagam? Como podem transportar informações?
- Incentive-os a compartilhar suas opiniões e a ouvir com empatia a opinião dos colegas. Enfatize a possibilidade de discordar, mas sempre com respeito.
- O estudantes podem citar somente os aspectos positivos do uso de celulares, como a facilidade na comunicação e na obtenção de informações, para fotografar, usar o GPS, etc. Mas é preciso alertá-los dos cuidados no uso excessivo do aparelho, que pode ocasionar desconfortos físicos, como dores, tensão muscular e insônia, bem como desencadear problemas na visão, má postura e sedentarismo, por exemplo. Os cuidados no uso de celulares devem ser observados com atenção, principalmente, em crianças.

Orientações didáticas

Este tópico propicia o desenvolvimento da habilidade EF09CI06, ao apresentar os principais conceitos relacionados às radiações eletromagnéticas, sua classificação em relação à frequência, suas fontes e algumas aplicações.

Sugerimos que, ao relembrar o conceito de onda mecânica visto no **Capítulo 9**, reforce a informação de que essas ondas precisam de um meio material para se propagar. Logo, elas não se propagam no vácuo, como as ondas eletromagnéticas.

Para ampliar o assunto e despertar a curiosidade dos estudantes, pode-se abordar outra natureza das ondas: as ondas gravitacionais. Leia o texto a seguir para aprofundar o assunto.

#Para ler

Ondas gravitacionais: o que são, de onde vêm e o que têm de importante?

[...]

O que são ondas gravitacionais?

De forma simplificada, as ondas gravitacionais são ondulações no tecido rígido e duro do espaço-tempo produzidas pelos fenômenos mais violentos que o cosmos pode oferecer – explosões e colisões entre estrelas de nêutrons ultradensas ou fusões de buracos negros, por exemplo. As ondas gravitacionais atingem a Terra o tempo todo, mas nossos instrumentos não eram sensíveis o suficiente para detectá-las até há pouco tempo.

Quem pensou no conceito de ondas gravitacionais?

Em 1916, Albert Einstein sugeriu que as ondas gravitacionais poderiam ser um resultado natural de sua teoria geral da relatividade, que diz que objetos com massas muito grandes distorcem o tecido do tempo e do espaço – um efeito que sentimos como a gravidade. Assim, objetos com massas muito grandes que se movem em espiral na direção um do outro, devem produzir rugas no espaço-tempo e enviar essas distorções pelo cosmos – como ondas que se espalham por uma lagoa – na velocidade da luz.

As ondas gravitacionais "propagam distúrbios da forma do espaço-tempo", diz Shane Larson, astrofísica da Universidade de Northwestern e membra da colaboração científica do Ligo.

Embora muitos outros cientistas tenham aceitado a previsão de Einstein, o próprio Einstein não estava totalmente convencido de que estava certo. Ao longo dos anos, ele continuou a estudar ondas gravitacionais e de vez em quando publicava documentos que refutavam sua própria teoria.

[...]

DRAKE, N.; GRESHKO, M. Ondas gravitacionais: o que são, de onde vêm e o que têm de importante? *National Geographic Brasil*, 8 nov. 2020. Disponível em: https://www.nationalgeographicbrasil.com/espaco/2017/10/ondas-gravitacionais-o-que-sao-de-onde-vem-e-o-que-tem-de-importante#. Acesso em: 3 jun. 2022.

#Ondas mecânicas e ondas eletromagnéticas

Para avançar na compreensão das perguntas propostas na abertura deste capítulo, vamos retomar o conteúdo sobre as ondas mecânicas, estudadas no **Capítulo 9**.

Naquele momento, vimos que uma corda sendo movimentada continuamente para cima e para baixo, ou uma mola oscilando para a frente e para trás, podem criar uma onda capaz de transportar energia mecânica. Essa energia está associada, por exemplo, à altura dos pontos da corda ou à deformação da mola. Nesses casos, é preciso que haja uma corda, uma mola ou outro meio material, como água ou ar, para a propagação da **onda mecânica**.

Prostock-studio/Shutterstock

As ondas mecânicas necessitam de um meio material para que possam se propagar. Na imagem, uma onda mecânica se forma na corda do violão e se propaga também para o ar, produzindo uma onda sonora.

A situação é diferente no caso das **ondas eletromagnéticas**. Essas ondas podem se propagar também no ar, na água ou em outros meios, mas não necessitam de um meio material para existir. Ou seja, ondas eletromagnéticas podem se propagar na **ausência de matéria**, isto é, no **vácuo**. A luz que enxergamos, os raios ultravioleta ou as ondas de rádio são exemplos de ondas eletromagnéticas.

Sofiko S/Shutterstock

Os raios ultravioleta têm várias aplicações médicas, por exemplo o uso odontológico para endurecer rapidamente resinas aplicadas nos dentes.

Reprodução do Livro do Estudante em tamanho reduzido.

◂ 204 ▸

#A ciência é feita por pessoas

A existência de ondas eletromagnéticas foi prevista teoricamente em 1865 pelo físico e matemático escocês James Clerk Maxwell (1831-1879). Vinte e três anos depois, o físico alemão Heinrich Hertz (1857-1894) construiu um equipamento capaz de emitir e detectar um tipo de onda eletromagnética, as ondas de rádio. Na época, essas ondas ficaram conhecidas como **ondas hertzianas** ou **ondas alemãs**.

Desenvolvimentos posteriores, que incluem invenções e contribuições do físico sérvio Nikola Tesla (1856-1943), do físico italiano Guglielmo Marconi (1874-1937) e do padre e cientista brasileiro Roberto Landell de Moura (1861-1928), levaram à criação do rádio no final do século XIX.

A possibilidade de que pudesse ser criada uma tecnologia de comunicação a distância e sem fio – na época, telefone e telégrafo já existiam –, capaz de alcançar milhões de indivíduos, gerou certa expectativa entre pessoas renomadas, por exemplo o físico alemão Albert Einstein (1879-1955). Em uma de suas declarações sobre a tecnologia do rádio, feita em 1930, Einstein teria afirmado que:

> “A nova técnica é um meio para garantir a real democracia. Ela não só facilita o cotidiano das pessoas, como também desperta a sociedade de sua letargia. O novo veículo possibilita a todos o acesso a obras de pensadores e artistas desconhecidos, cuja apreciação até há pouco ainda era privilégio de classes abastadas.”

Fonte: DEUTSCHE WELLE. 1857: Nascia o físico Heinrich Hertz. Disponível em: https://www.dw.com/pt-br/1857-nascia-o-f%C3%ADsico-heinrich-hertz/a-778396. Acesso em: 18 mar. 2022.

Eraza Collection/Alamy/Fotoarena

Em 1890, o padre e cientista brasileiro Landell de Moura fez a primeira transmissão pública de voz utilizando ondas de rádio, em São Paulo (SP).

Letargia: Estado de inconsciência ou de adormecimento em que não há interesse ou estímulo; apatia; desânimo.

Abastadas: Pessoas ricas, que têm muito dinheiro ou muitos bens.

Nessa afirmação está implícita a ideia de que as descobertas da ciência e a produção de tecnologia possibilitam apenas avanços positivos para a sociedade. Porém, a história nos mostraria o contrário, já que o partido nazista de Adolf Hitler (1889-1945) foi a instituição que mais se aproveitou do rádio como novo meio de comunicação para difundir sua ideologia.

A ascensão do partido nazista ao poder desencadeou a perseguição de pessoas, como judeus, ciganos, negros e homossexuais, e a Segunda Guerra Mundial (que compreendeu o período de 1939 a 1945). Esse evento não poupou nem mesmo a família de Heinrich Hertz, de origem judaica, que foi obrigada a sair da Alemanha, assim como Albert Einstein, também judeu.

Esse episódio nos mostra que a ciência e a tecnologia não necessariamente trazem apenas benefícios e que, mesmo se trouxerem, podem não beneficiar todas as pessoas da mesma maneira.

Vejamos o caso da telefonia celular. Pessoas que dominam a cultura digital têm uma relação com o *smartphone* muito diferente de pessoas que ainda não estão inseridas no mundo digital. Além disso, há situações em que o fato de não ter um telefone celular provoca exclusão ou perda de direitos. Um exemplo disso aconteceu em 2021, durante a pandemia de covid-19, quando alguns municípios disponibilizaram serviços – como o pagamento de estacionamento em vias públicas ou a consulta de informações pessoais relacionadas à vacinação – somente por meio de aplicativos de celular. Logo, uma pessoa que não tivesse acesso a um telefone celular certamente seria prejudicada em sua vida cotidiana. Portanto, o uso que as pessoas e, principalmente, as instituições, fazem da ciência e da tecnologia é o que determina se elas serão positivas ou negativas para a sociedade.

Reprodução do Livro do Estudante em tamanho reduzido.

#Para saber

Racismo algorítmico: quando o preconceito chega pela internet
Texto sobre um dos usos indevidos da internet, em que os próprios algoritmos compilados em buscas na rede acabam gerando resultados racistas e preconceituosos.
Disponível em: https://www.ufrgs.br/humanista/2020/11/17/racismo-algoritmico-quando-o-preconceito-chega-pela-internet/.

7 em cada 10 adolescentes brasileiros olham o celular antes de se levantar da cama
Notícia sobre o papel do celular na vida dos jovens, destacando a necessidade de equilibrar o uso dos *smartphones*.
Disponível em: https://33giga.com.br/7-em-cada-10-adolescentes-brasileiros-olham-o-celular-antes-de-se-levantar-da-cama/.
Acesso em: 3 jun. 2022.

Orientações didáticas

Promova a leitura coletiva do boxe e, se considerar pertinente, reveze a leitura entre os estudantes. Ressalte que a produção científica não é dissociada de outros aspectos da sociedade, como a economia, a religião ou a política, e que a escolha dos problemas prioritários que se propõe a resolver e as soluções elaboradas influenciam a sociedade e suas diferentes áreas, assim como são influenciadas pelas questões sociais.

#A ciência é feita por pessoas

Este boxe busca destacar os grandes nomes por trás das pesquisas e descobertas científicas, bem como o contexto histórico no qual elas foram realizadas. Conhecer História e Filosofia da ciência é fundamental para a compreensão de que a ciência é um processo dinâmico e mutável, relacionado com diversos fatores do cotidiano e da dinâmica da natureza, e que seus diversos conceitos foram desenvolvidos com base nas metodologias científicas, levando em consideração os conhecimentos adquiridos posteriormente em uma cultura ou pela comunidade científica.

Para relacionar a discussão com os dias atuais, sugerimos questionar os estudantes sobre os malefícios e os benefícios do acesso às tecnologias e sua relação com a maneira como elas são utilizadas. Caso os estudantes não comentem, sugerimos que destaque que um grande malefício do uso tão difundido das redes sociais, por exemplo, é a facilidade de disseminação das *fake news*, que são repassadas e atingem enormes proporções em pouquíssimo tempo. A saúde mental das pessoas também é um grande ponto de atenção, pois as redes sociais favorecem quadros de ansiedade e depressão. Essa discussão explora o Tema Contemporâneo Transversal Ciência e Tecnologia.

Sugerimos a leitura dos textos do boxe *#Para saber +* para aprofundar a discussão sobre um tema bastante controverso relacionado ao uso da internet e a compreensão de que as ideias que envolvem ciência e a tecnologia não são neutras. As redes sociais, por exemplo, captam a atenção das pessoas recorrentemente e a vendem para empresas anunciantes. Mesmo que uma pessoa considere seu uso das redes sociais benéfico para si e para a sociedade, a tecnologia não é neutra, pois favorece uma troca econômica centrada na captura e na venda de atenção. As empresas de redes sociais contam com grupos de cientistas que investigam as melhores formas de capturar recorrentemente a atenção dos usuários.

Orientações didáticas

Ressalte que, para algumas pessoas, o termo radiação pode ser entendido como algo perigoso, prejudicial à saúde. Na Física, no entanto, radiação significa emissão e propagação de energia. Todas as pessoas emitem radiação infravermelha, por exemplo.

No entanto, algumas radiações eletromagnéticas podem oferecer riscos maiores à saúde, como os raios X ou os raios gama, mas isso não significa que radiação seja sinônimo de perigo. Mesmo essas radiações citadas podem ter efeitos benéficos, como o uso no diagnóstico de doenças ou a tecnologia de radioterapia para o tratamento de câncer.

Após a leitura do texto do boxe *#A ciência é feita por pessoas*, sugerimos realizar a *#Atividade complementar* indicada a seguir, para ampliar a discussão sobre os assuntos tratados.

#Atividade complementar

A tecnologia nos dias atuais

Como atividade complementar, sugerimos um debate sobre os benefícios e os malefícios da internet e das redes sociais nos dias atuais.

Os estudantes podem ser organizados em pequenos grupos de debate nos quais listem pontos positivos e negativos do uso da internet nos dias atuais, depois pode-se abrir um debate com a turma toda sobre os pontos levantados.

Durante a atividade, é importante passar de grupo em grupo verificando a forma como os estudantes estão encaminhando a discussão, garantindo que todos possam expressar suas ideias e opiniões e sejam respeitados.

Pode-se destacar como benefício, por exemplo, a facilidade de comunicação e obtenção de informações. Por outro lado, um dos malefícios é a fragilização da saúde mental dos usuários e a disseminação de discursos de ódio e do racismo, por exemplo.

Na sequência da discussão proposta, reforce que as ondas eletromagnéticas são também chamadas de radiações eletromagnéticas e divididas nas faixas do espectro eletromagnético, que conheceremos melhor nas próximas páginas.

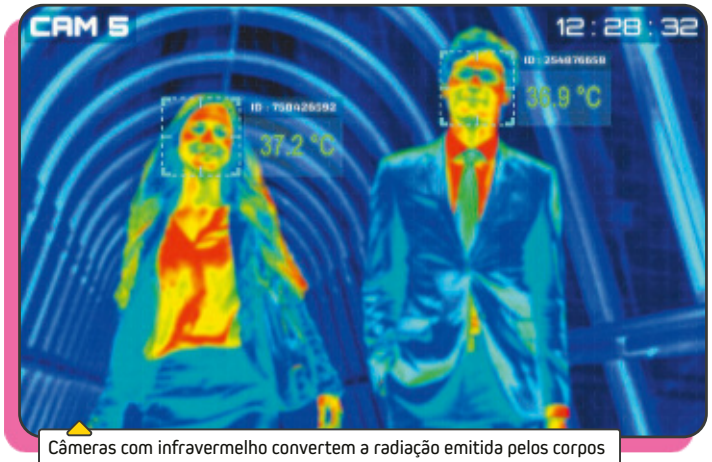
Um aspecto que pode ser evidenciado no debate sobre a tecnologia é o fato de que alguns artefatos podem ser considerados mais tecnológicos que outros. Por exemplo, atualmente rádios não são tidos como detentores de grande tecnologia e não são valorizados como são os telefones celulares. Porém, do ponto de vista do funcionamento físico, a comunicação de sinal de celular ou de ondas de rádio é similar, pois ocorre por meio de ondas eletromagnéticas. O texto indicado no boxe *#Para saber* + auxilia no debate sobre tecnologias e o telefone celular.

Outro debate importante que pode ser levantado com base nesse tema é a responsabilidade que empresas de tecnologia digital de informação e de comunicação têm sobre os discursos por elas veiculados. Como no exemplo relacionado à ascensão do partido nazista, podemos afirmar que as tecnologias de comunicação podem privilegiar determinados discursos por meio de seus algoritmos e, assim, serem usadas como veículo de exclusão e de perseguição.

Repare, então, que tecnologia não é somente o que transforma a realidade física (por exemplo, a tecnologia da marcenaria, que permite a transformação de madeira em móveis). A tecnologia também pode transformar a realidade social, ou seja, a maneira como as pessoas interagem, como se comportam e se identificam.

Ainda usando como exemplo de tecnologia a telefonia celular, na pesquisa "Percepção de jovens cariocas sobre ciência e tecnologia", conduzida em 2019 pela socióloga brasileira Ione Maria Mendes (1962-), os jovens entrevistados afirmaram que o *smartphone* facilita o contato entre as pessoas e possibilita o acesso à informação. Contudo, também afirmaram que o aparelho contribui para isolar as pessoas do seu círculo de convivência fora do mundo virtual e dificulta o discernimento entre o que é verdadeiro ou não. Além disso, o uso generalizado do telefone celular também pode ter impacto na saúde dos usuários. Essas múltiplas faces da tecnologia trazem bons motivos que justificam o fato de um debate sobre ela estar presente na sociedade.

As ondas eletromagnéticas também são chamadas **radiação eletromagnética**. Uma maneira de gerar ondas eletromagnéticas é fazer com que os elétrons oscilem. Em uma antena de rádio, por exemplo, os elétrons estão em constante movimento. Assim, as antenas transmitem a energia relacionada ao movimento dos elétrons pelo espaço em forma de ondas. Como as ondas transportam energia com base em propriedades elétricas e magnéticas, elas são nomeadas "eletromagnéticas".



pixinoo/Shutterstock

Câmeras com infravermelho convertem a radiação emitida pelos corpos em imagens, mostrando as áreas mais quentes e mais frias de acordo com a radiação emitida.

A frequência da onda pode ser utilizada para classificar as radiações eletromagnéticas de acordo com as suas propriedades. Essa classificação é chamada **espectro eletromagnético**.

Reprodução do Livro do Estudante em tamanho reduzido.

#Para saber +

Jovens têm extrema familiaridade com telefone celular, mas ignoram outras aplicações tecnológicas

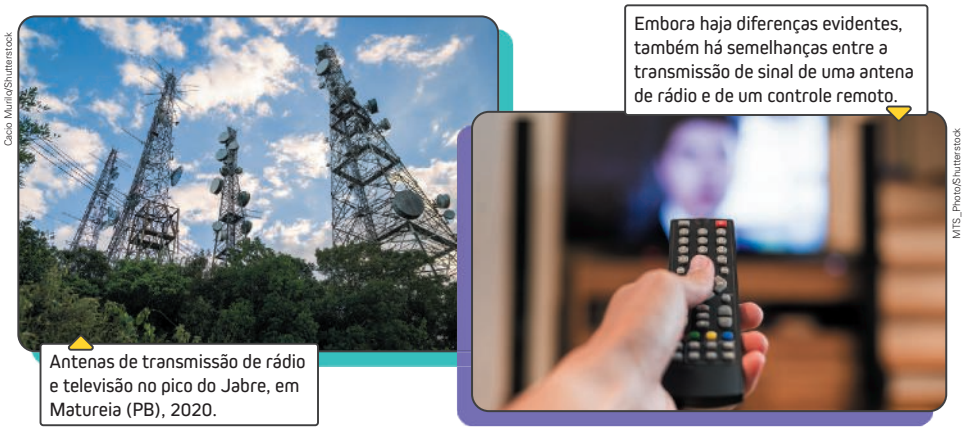
Essa matéria debate dados da percepção dos jovens sobre a ciência e a tecnologia.

Disponível em: https://www.unicamp.br/unicamp/noticias/2019/10/24/jovens-tem-extrema-familiaridade-com-telefone-celular-mas-ignoram-outras.

Acesso em: 3 jun. 2022.

Espectro eletromagnético

O controle remoto é um dispositivo usado para realizar a comunicação a distância com outro aparelho. O controle remoto de um aparelho de TV, por exemplo, envia informações para a televisão sem que haja fios que os interliguem. Seu funcionamento tem semelhanças com o envio de informações via ondas de rádio, utilizadas para sintonizarmos uma estação e ouvirmos músicas, narração de jogos ou notícias. Mas as antenas de rádio são muito grandes, enquanto um controle remoto nem sequer tem uma antena aparente. Como, então, essas duas formas de transmissão de informações são semelhantes?



Caio Murilo/Shutterstock

Antenas de transmissão de rádio e televisão no pico do Jabre, em Matureia (PB), 2020.

Embora haja diferenças evidentes, também há semelhanças entre a transmissão de sinal de uma antena de rádio e de um controle remoto.

MTS_Photo/Shutterstock

Em ambos os casos citados, as transmissões de informação ocorrem por meio de ondas eletromagnéticas. A diferença entre elas está no tipo de ondas transmitidas e, consequentemente, no tipo de aparelho usado para a transmissão. De modo geral, quanto maior o comprimento de onda, maior a antena necessária.

A maneira mais comum de dividir o espectro eletromagnético é separá-lo em sete grandes grupos. Cada um deles diz respeito a um tipo de onda, que pode ser identificado a partir de **faixas de frequência** ou de **comprimento de onda**. A faixa da onda eletromagnética que somos capazes de enxergar, a **luz visível**, é apenas uma faixa muito estreita de frequência dentro do espectro eletromagnético.

Dependendo da faixa de frequência, a interação com a atmosfera é diferente. Para a luz visível, a atmosfera é transparente, pois permite a passagem dos raios de luz sem grandes absorções. Assim, dizemos que há uma janela atmosférica para a luz. Mas, para algumas faixas de frequência, a atmosfera atua como um meio opaco, ou seja, funciona como uma barreira, da mesma forma que uma parede de alvenaria constitui uma barreira para a passagem da luz visível. Um exemplo são os raios ultravioleta, pois parte deles é bloqueada pela camada de ozônio na atmosfera e, por isso, eles não chegam até a superfície do planeta, onde seriam prejudiciais aos seres vivos.

O infográfico apresentado a seguir mostra os sete grandes grupos de ondas eletromagnéticas e a interação deles com a atmosfera. Observe-o.

Reprodução do Livro do Estudante em tamanho reduzido.

Orientações didáticas

Para iniciar a abordagem deste tópico, sugerimos que questione os estudantes sobre outros aparelhos que eles acreditam que funcionam por meio de ondas eletromagnéticas. Essa pergunta inicial possibilita a verificação dos conhecimentos prévios dos estudantes a respeito das ondas eletromagnéticas e dos equipamentos utilizados no cotidiano. Sugerimos que destaque as duas aplicações de ondas eletromagnéticas apresentadas na página: as ondas de rádio e o controle remoto. As ondas utilizadas nesses aparelhos estão em diferentes faixas, como podemos observar nas duas páginas seguintes. Reforce que essas faixas são definidas com base na frequência das ondas.

Comente que, além de equipamentos e objetos, as ondas eletromagnéticas também são geradas por fontes naturais, como o Sol e as outras estrelas que emitem diversos tipos de radiação eletromagnética, desde as ondas de rádio até os raios gama.

Mais informações sobre o espectro eletromagnético podem ser obtidas no *link* indicado a seguir.

#Para saber

"Vendo o invisível". Experimentos de visualização do infravermelho feitos com materiais simples e de baixo custo

Esse artigo da *Revista Brasileira de Ensino de Física* trata das ondas infravermelho, apresentando dois experimentos simples que podem ser realizados com os estudantes.
Disponível em: http://www.sbfisica.org.br/rbef/pdf/331501.pdf. Acesso em: 20 abr. 2023.

Orientações didáticas

Sugerimos que, inicialmente, peça aos estudantes que observem atentamente o infográfico e, depois, expliquem o que é representado. Em seguida, explore com eles cada faixa de frequência e comprimento de onda, que representa a classificação das radiações no espectro eletromagnético, destacando as aplicações de cada uma delas, como no rádio, no telefone celular, no controle remoto, etc.

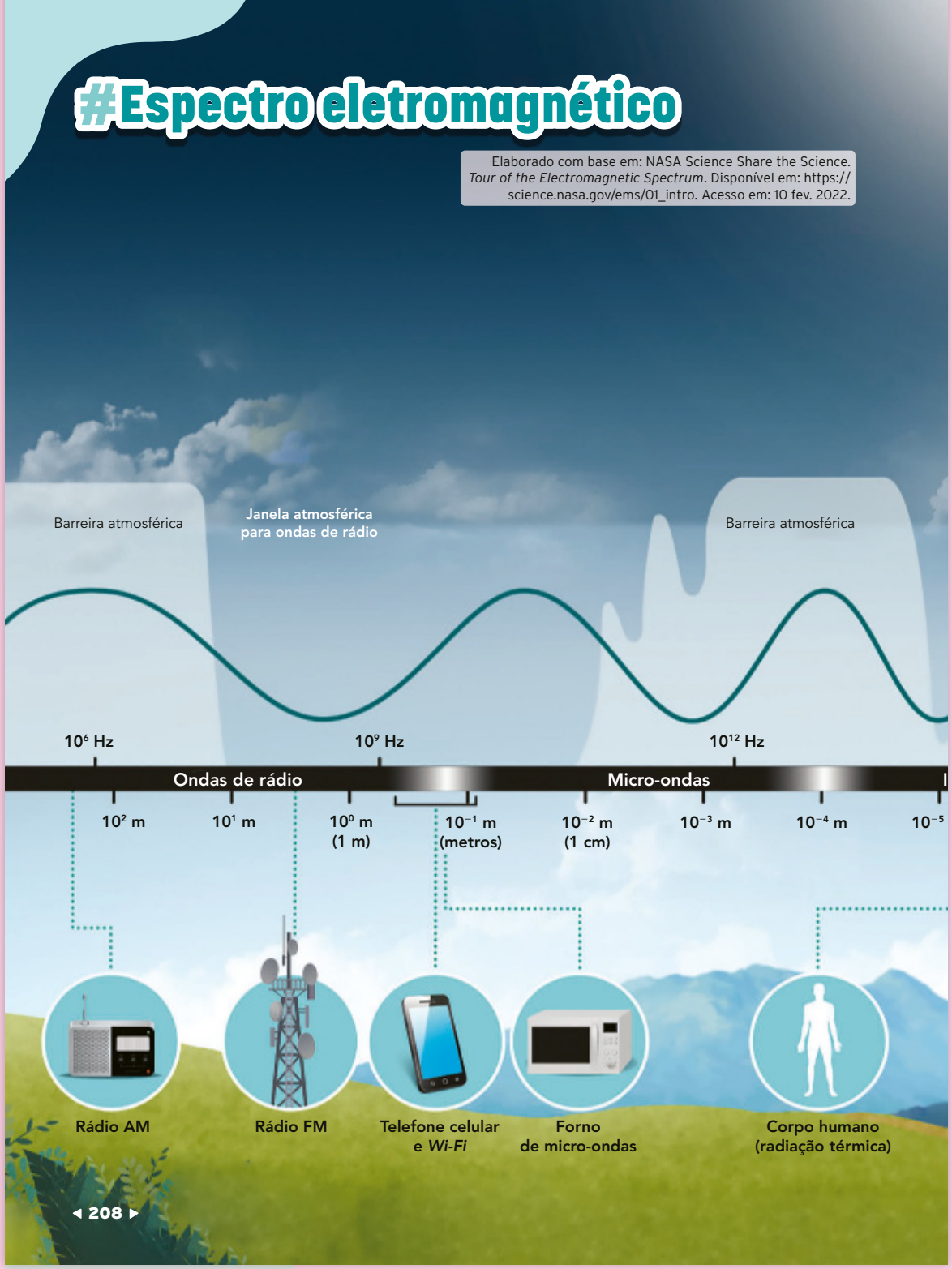
#Para saber

Espectro eletromagnético
Esse vídeo, com cerca de 5 minutos de duração, trata das ondas magnéticas e enfatiza o espectro eletromagnético, de maneira contextualizada, divertida e simples.
Disponível em: https://www.youtube.com/watch?v=3po0Ek5aPKE. Acesso em: 25 maio 2022.

Ao abordar as ondas de rádio AM, comente que elas são conhecidas como ondas longas, pois têm a frequência na ordem do quilohertz (10^3 Hz) até o megahertz (10^6 Hz). Já as ondas de rádio FM têm frequência a partir da ordem de mega-hertz até 10^8 Hz. Se possível, apresente um rádio elétrico e sintonize algumas estações. Mostre o visor com os valores de frequência, chamando a atenção dos estudantes para os valores em megahertz das estações FM. Caso a sintonia seja digital, como ocorre na maioria dos aparelhos atuais e em telefones celulares, pode-se mostrar uma estação sintonizada e o valor de sua frequência.

Para ilustrar essa explicação, sugerimos desenhar duas ondas no quadro de giz, com a forma tradicional de oscilação transversal e comprimentos diferentes. Então, sendo as duas ondas eletromagnéticas, explique que a de maior comprimento tem menor frequência e que a de menor comprimento de ondas tem maior frequência. Pergunte aos estudantes qual delas poderia ser uma onda de rádio de uma estação de frequência FM, sendo aquela de menor comprimento de onda, e qual poderia ser uma onda de rádio de uma estação de frequência AM, que seria a de maior comprimento.

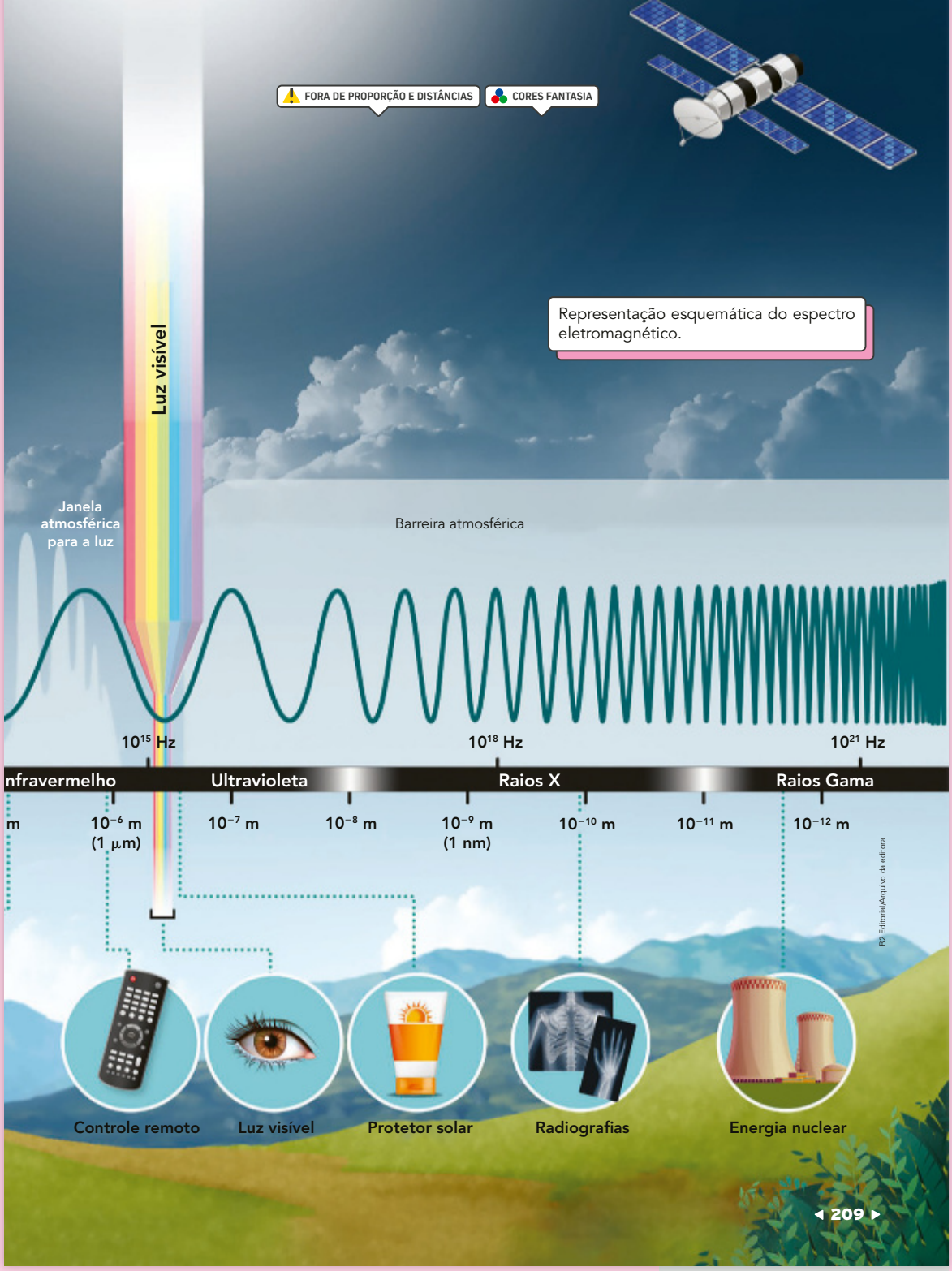
Se julgar pertinente, explique que a tecnologia das rádios AM e FM é diferente quanto à grandeza física utilizada para transportar as informações entre a torre emissora e o aparelho receptor.



Reprodução do Livro do Estudante em tamanho reduzido.

Nas rádios AM – de amplitude modulada –, a intensidade da onda varia para que o sinal seja transmitido. Nas rádios FM – de frequência modulada –, a frequência da onda varia na transmissão do sinal.

É possível propor uma atividade interativa utilizando cordas para que os estudantes observem como a mudança na frequência pode afetar o comprimento de onda. Leve para a sala de aula algumas cordas e peça a duplas de estudantes que segurem as extremidades de cada corda. Oriente apenas um dos estudantes a movimentar o braço para cima e para baixo, primeiro devagar, depois rapidamente. Espera-se que eles observem que, ao aumentar a frequência, o tamanho da onda diminui, e vice-versa. Apesar de a ondulação da corda se tratar de uma onda mecânica, a analogia é interessante para que os estudantes possam observar esse fenômeno. É importante destacar que a frequência das ondas eletromagnéticas provenientes de uma fonte não pode ser modificada, como realizado na atividade prática.



Representação esquemática do espectro eletromagnético.

Reprodução do Livro do Estudante em tamanho reduzido.

Orientações didáticas

Se julgar conveniente e houver espaço em sua programação de aulas, apresente para os estudantes o texto a seguir.

#Para ler

Radiação eletromagnética

[...]

Praticamente toda a troca de energia entre a Terra e o resto do Universo ocorre por radiação, que é a única que pode atravessar o relativo vazio do espaço. O sistema Terra-atmosfera está constantemente absorvendo radiação solar e emitindo sua própria radiação para o espaço. Numa média de longo prazo, as taxas de absorção e emissão são aproximadamente iguais, de modo que o sistema está muito próximo ao equilíbrio radiativo. A radiação também tem papel importante na transferência de calor entre a superfície da Terra e a atmosfera e entre diferentes camadas da atmosfera.

A radiação eletromagnética pode ser considerada como um conjunto de ondas (elétricas e magnéticas) cuja velocidade no vácuo é ($c = 3{,}0 \cdot 10^{8}$ m/s). As várias formas de radiação, caracterizadas pelo seu comprimento de onda, compõem o espectro eletromagnético [...].

Embora o espectro eletromagnético seja contínuo, nomes diferentes são atribuídos a diferentes intervalos porque seus efeitos, geração, medida e uso são diferentes. Por exemplo, as células da retina do olho humano são sensíveis a uma radiação num estreito intervalo chamado luz visível [...].

A maior parte da energia radiante do sol está concentrada nas partes visível e próximo do visível do espectro. A luz visível corresponde a ~ 43% do total emitido, 49% estão no infravermelho próximo e 7% no ultravioleta. Menos de 1% da radiação solar é emitida como raios X, raios gama e ondas de rádio.

Apesar da divisão do espectro em intervalos, todas as formas de radiação são basicamente iguais. Quando qualquer forma de energia radiante é absorvida por um objeto, o resultado é um crescimento do movimento molecular e um correspondente crescimento da temperatura.

[...]

RADIAÇÃO eletromagnética. Departamento de Física – Universidade Federal do Paraná. Disponível em: http://fisica.ufpr.br/grimm/aposmeteo/cap2/cap2-2.html. Acesso em: 25 maio 2022.

Orientações didáticas

Chame a atenção dos estudantes para cada exemplo citado na página, como as ondas de rádio, que são utilizadas tanto para transmissão de programas de rádios quanto de TV, além de serem uma área muito importante de estudos do universo na Astronomia, realizados com telescópios específicos para esses fins, como o destacado na imagem da página. Ao tratar dessa faixa de frequência, relembre as camadas da atmosfera, como a ionosfera citada na página, tratadas no volume do 8º ano. Se necessário, retome esse assunto rapidamente.

Destaque também o uso das micro-ondas em aparelhos eletrodomésticos de mesmo nome, muito utilizados no cotidiano. Porém, o uso das micro-ondas não se limita a esses aparelhos, uma vez que é usada também, por exemplo, nas telecomunicações, como nos *smartphones*, e em redes sem fio, como o *Wi-Fi* e o *bluetooth*. A atividade complementar e o texto indicado a seguir podem contribuir para a abordagem das micro-ondas.

Sugerimos que comente também o uso das radiações infravermelhas no dia a dia, retomando o exemplo do controle remoto, em câmeras, enfatizando sua utilização em óculos e estudos térmicos nos campos da Medicina e da Engenharia, por exemplo. Nesse momento, pode-se também retomar com os estudantes a forma de propagação do calor por irradiação, por meio de ondas eletromagnéticas, estudada no 7º ano, relacionada à habilidade EF07CI03.

#Para saber

"Ei, qual a senha da *Wi-Fi*?"; Comunicação e ondas de rádio
O texto traz informações sobre as redes *wireless* de internet e sua relação com as ondas eletromagnéticas. Disponível em: http://cfp.ufcg.edu.br/portal/index.php/textos-de-divulgacao/504-ei-qual-a-senha-da-wi-fi-comunicacao-e-ondas-de-radio. Acesso em: 3 jun. 2022.

Comprimento de onda e frequência são grandezas inversamente proporcionais de uma onda, ou seja, quando uma diminui, a outra aumenta.

O infográfico apresentado nas páginas anteriores traz valores para essas duas grandezas, usando a potência de dez para expressar números muito pequenos ou muito grandes. Por exemplo, o valor de frequência de 1 milhão de hertz, 1000000 Hz, é o algarismo 1 seguido de seis algarismos 0, podendo ser escrito como 10^6 Hz em potência de dez. Já o valor de comprimento de onda de 0,01 m é o algarismo 1 escrito na segunda casa decimal, o que é representado em potência de dez por 10^{-2} m.

Fábio Leoni/Fotoarena

Radiotelescópio localizado em Campinas (SP), utilizado para estudar as ondas de rádio emitidas ou refletidas por corpos celestes. Fotografia de 2018.

As ondas de menor frequência e, portanto, de maior comprimento de onda no espectro eletromagnético são as **ondas de rádio**. Algumas frequências das ondas de rádio são refletidas pela ionosfera, permitindo a comunicação a grandes distâncias. As **ondas de TV** são uma subdivisão das ondas de rádio e estão localizadas nas frequências mais altas, já próximas ao grupo das micro-ondas. Além das comunicações, as ondas de rádio também são usadas no estudo do Universo por uma área da Astronomia chamada Radioastronomia.

As **micro-ondas** têm comprimento de onda menor do que as ondas de rádio e suas propriedades também são diferentes, ainda que as fontes possam ser circuitos elétricos ligados a antenas, assim como ocorria nas ondas de rádio.

gorfkein.pro/Shutterstock

Fornos de micro-ondas usam esse tipo de radiação para aquecer os alimentos por meio da vibração das moléculas de água que os compõem.

Em determinada faixa de frequência, as micro-ondas são capazes de agitar moléculas de água, provocando o aumento de sua temperatura. É essa a propriedade utilizada nos fornos de micro-ondas, capaz de aquecer alimentos úmidos. A transmissão do sinal de celular é feita na faixa de transição entre ondas de rádio e micro-ondas, ainda que a maioria das faixas utilizadas esteja apenas no espectro das micro-ondas.

A radiação **infravermelha** tem frequência maior do que as micro-ondas. Todo corpo com temperatura menor que aproximadamente 2000 °C é fonte de raios infravermelhos. Quando a radiação é absorvida, seu principal efeito é térmico, ou seja, ela é capaz de aumentar a temperatura dos corpos.

Controles remotos funcionam tipicamente com ondas infravermelhas de baixa intensidade, sendo incapazes de esquentar significativamente o seu entorno. Óculos e câmeras com infravermelho também são utilizados para estudos térmicos e exames médicos, ou para dispositivos de visão noturna. Além disso, aparelhos emissores de raios infravermelhos são usados em tratamentos em fisioterapia.

Reprodução do Livro do Estudante em tamanho reduzido.

#Atividade complementar

A dimensão da telefonia celular
Peça aos estudantes que pesquisem como ocorre a transmissão de chamadas e mensagens de SMS na rede de telefonia celular e quantas antenas de celular estão instaladas no município em que residem. Essas informações podem ser obtidas por meio de buscas na internet. Uma sugestão é o *site* Telebrasil, disponível em: http://www.telecocare.com.br/telebrasil/erbs/ (acesso em: 3 jun. 2022), no qual é possível indicar um município e ver em um mapa onde estão localizadas as antenas de cada operadora de telefonia. Depois, peça aos estudantes que elaborem um infográfico em grupo. O infográfico dever ter desenhos, imagens e textos explicativos e pode ser elaborado em papel ou usando plataformas digitais. Essa atividade pode ser realizada em parceria com os professores de Arte e Linguagens.
Os infográficos elaborados podem ser apresentados e discutidos em sala de aula, além de disponibilizados nas mídias sociais da escola.

Uma faixa muito pequena do espectro eletromagnético é a luz visível, ou seja, a radiação capaz de sensibilizar o olho humano. As cores do arco-íris são justamente as diferentes faixas de frequência que compõem a luz visível, começando pela frequência mais baixa da cor vermelha e aumentando até a frequência da cor violeta. O Sol, como já vimos, em razão de sua temperatura elevada, é nossa principal fonte de luz visível.

johan10/Stockphoto/Getty Images

A chamada "luz negra" é uma fonte de raios ultravioleta que pode ser usada para conferir se uma nota de Real é verdadeira. Por usar uma tinta especial, a nota iluminada por luz ultravioleta apresenta detalhes que não são vistos quando iluminada apenas por luz visível.

Depois da frequência da cor violeta está a região do espectro correspondente aos raios ultravioleta, também emitidos pelo Sol. Uma subdivisão dos **raios ultravioleta** são os raios UVA, UVB e UVC, em ordem crescente de frequência. Conforme a frequência aumenta, a energia transportada pela onda também aumenta.

Os raios UVA são importantes para a saúde, pois auxiliam na síntese de vitamina D. Essa vitamina atua no corpo promovendo a absorção do cálcio e a secreção de insulina, e favorecendo a atuação do sistema imunológico. Contudo, a exposição prolongada aos raios ultravioleta, sobretudo de frequências mais altas, pode causar prejuízos à saúde, por exemplo danos à visão e câncer de pele. Na atmosfera, a camada de ozônio bloqueia boa parte da passagem dos raios ultravioleta vindos do espaço.

#Para refletir

1 As ondas infravermelhas são usadas por controles remotos para comunicação com aparelhos eletrônicos. Por que seria um problema se, em vez dessas ondas, fossem usadas ondas UVC?

1. Porque ondas ultravioleta de alta frequência podem causar câncer de pele. Ainda que a potência do controle remoto fosse baixa, é desnecessário colocar as pessoas nessa situação de risco.

NÃO ESCREVA NO LIVRO

Continuando a análise das faixas de frequência, chegamos aos **raios X**. Os raios X têm um papel muito importante na Medicina, pois radiografias e tomografias usam essas ondas para gerar reproduções do interior do corpo humano, uma vez que elas atravessam os tecidos moles, mas são bloqueadas pelos ossos. Contudo, a exposição prolongada aos raios X pode causar câncer. Por esse motivo, profissionais de radiologia devem ter jornadas de trabalho menores e usar equipamentos de proteção individual resistentes a essa radiação.

As radiografias são um método de diagnóstico por imagem muito utilizado na Medicina.

OZMedia/Shutterstock

Por fim, a radiação de maior frequência e de menor comprimento de onda são os **raios gama**. Os raios gama são emitidos em reações nucleares e têm grande poder de danificar as células e o material genético, podendo causar graves problemas de saúde. Em dosagens e com exposição controladas, os raios gama são usados na radioterapia e em exames de cintilografia, capazes de detectar tumores em algumas partes do corpo humano.

Reprodução do Livro do Estudante em tamanho reduzido.

#Para saber

Sequência didática como instrumento para a aprendizagem significativa de radiação ultravioleta e raios X
Dissertação de mestrado com uma proposta de ensino da radiação ultravioleta e dos raios X. Embora a sequência didática tenha sido aplicada no Ensino Médio, há ideias, atividades e outros elementos que podem ser aproveitadas nos Anos Finais do Ensino Fundamental.
Disponível em: https://repositorio.ufsc.br/handle/123456789/205138?show=full.

O uso da radiação na conservação dos alimentos
Trabalho sobre o uso de raios gama na irradiação de alimentos e suas implicações na indústria alimentícia.
Disponível em: http://revista.unilus.edu.br/index.php/ruep/article/view/611#.

Radioterapia é um dos tratamentos eficazes para destruir as células cancerígenas no corpo
Matéria jornalística em vídeo, com cerca de 2 minutos e meio de duração, que mostra como a radioterapia, técnica de uso de raios gama, atua no combate ao câncer.
Disponível em: https://globoplay.globo.com/v/3126272/. Acesso em: 3 jun. 2022.

Orientações didáticas

Ao abordar a luz visível, reforce que ela é apenas uma pequena parte de todo o espectro. Destaque que, além da luz visível, o Sol emite radiações em outras faixas, como a ultravioleta. Uma parte dela é filtrada pela atmosfera, e a outra consegue atravessá-la, sendo responsável pelo bronzeamento da pele e por queimaduras, caso os devidos cuidados não sejam tomados.

Sugerimos que organize uma roda de conversa com os estudantes a respeito das respostas à atividade do boxe *#Para refletir*, para verificar se eles entendem que as radiações de maior frequência e menor comprimento de onda, como a UVC, podem ser prejudiciais à saúde, pois são mais penetrantes e ionizantes.

#Para refletir

1. O cuidado de si faz parte da competência específica 7 de Ciências da Natureza, relacionada com essa atividade, que também favorece o desenvolvimento da habilidade EF09CI06.

#Atividade complementar

Relembrando os cuidados com a luz solar
Sugerimos uma atividade complementar na qual os estudantes possam relembrar os cuidados que devem ter com a exposição solar devido à incidência dos raios ultravioleta. Sugira que anotem em seu caderno o que sabem sobre os horários mais adequados para banho solar e o uso de filtros solares adequados a cada tipo de pele. Depois, promova uma conversa com a turma sobre esses cuidados, para que os estudantes compartilhem seus conhecimentos com os colegas.

Destaque o uso dos raios X e dos raios gama na Medicina diagnóstica, comentando os benefícios que eles proporcionam para a sociedade. Avaliações feitas com esses raios são menos invasivas. Comente que, antes do desenvolvimento dessa tecnologia, em muitos casos, só era possível fazer um diagnóstico preciso abrindo cirurgicamente alguma parte do corpo humano. Esse assunto promove o desenvolvimento da habilidade EF09CI07.

Orientações didáticas

O tópico, traz uma importante distinção entre as radiações para que os estudantes compreendam quais podem ser mais prejudiciais à saúde humana, de acordo com seu uso e o tempo de exposição. Reforce que as radiações ionizantes têm alta frequência e pequeno comprimento de onda; por isso, penetram na pele humana e podem causar danos diversos.

#Integrando as Ciências

O texto deste boxe possibilita o trabalho interdisciplinar ao oferecer aos estudantes a oportunidade de estabelecer a conexão entre diferentes componentes curriculares, evitando a rígida compartimentalização do conhecimento.

Ao abordar o conteúdo deste boxe, sugerimos comentar que algumas células são mais sensíveis à radiação que outras. As células da medula óssea, do esperma e dos tecidos linfáticos são mais sensíveis do que as do tecido nervoso, por exemplo. Dessa forma, dependendo da célula atingida pela radiação, os efeitos serão diferentes, sendo classificados em somáticos e genéticos.

Os efeitos somáticos constituem alterações das células não reprodutivas do organismo. Nesse caso, esses efeitos manifestam-se no próprio indivíduo irradiado, e o exemplo mais comum é o câncer. Já os efeitos genéticos ocorrem por meio de alterações provocadas pela interação da radiação ionizante com as células reprodutivas do organismo. Nesse caso, os efeitos manifestam-se nos descendentes da pessoa e aparecem como mutações genéticas.

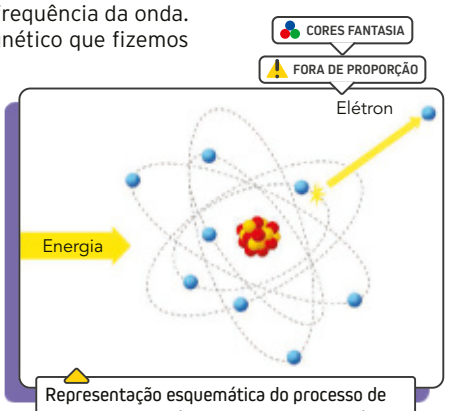
Esses efeitos também dependem da quantidade de energia transferida da radiação para o organismo. Em doses pequenas, os efeitos são tardios e incertos, isto é, há a probabilidade de a radiação causar dano, mas não há a certeza. Porém, quanto mais vezes a pessoa estiver sujeita à radiação ionizante ou quanto maior for a dose da radiação, maior é essa probabilidade. Em doses elevadas, os efeitos da radiação são muito perigosos. Esses efeitos geralmente levam à morte celular e podem provocar náuseas, anemia, esterilidade, hemorragia, danos na medula óssea, danos gastrointestinais e pulmonares ou no sistema nervoso central. Especialmente nos três últimos casos, a morte pode ocorrer em questão de dias ou meses.

Radiação ionizante e radiação não ionizante

A análise das ondas eletromagnéticas que fizemos até aqui obedeceu a uma ordem crescente de frequência. Nas ondas eletromagnéticas, a energia transportada está relacionada com a frequência da onda. Portanto, a ordem da análise do espectro eletromagnético que fizemos também estava em ordem crescente de energia.

A partir de certa frequência, as ondas eletromagnéticas têm a capacidade de modificar a matéria, provocando a ionização dos átomos neutros que a compõem. Ondas ultravioleta, de raios X e de raios gama são capazes de ionizar a matéria. Por esse motivo, frequências superiores a 10^{17} Hz são chamadas de radiação ionizante.

Por sua vez, as **radiações não ionizantes** têm menor frequência, e, dessa forma, sua energia não é suficiente para ionizar a matéria. Por isso, seus efeitos não são muito danosos ao ser humano. É o caso do restante do espectro eletromagnético: a luz visível, a radiação infravermelha, as micro-ondas e as ondas de rádio.



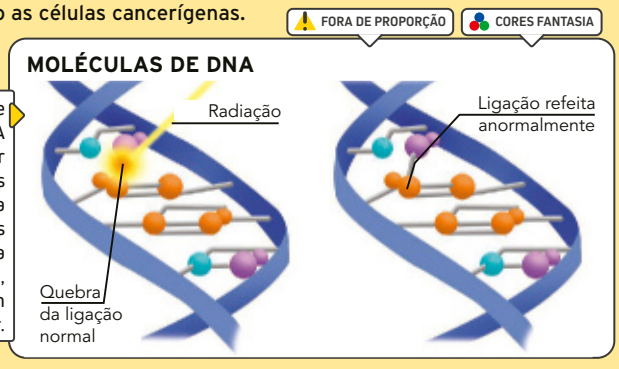
Representação esquemática do processo de ionização de um átomo neutro pela incidência de uma radiação ionizante.

#Integrando as Ciências

A radiação ionizante é muito perigosa para os seres vivos porque pode ocasionar efeitos biológicos em órgãos, tecidos e células. Primeiro, ela pode causar o efeito térmico, ou seja, o aquecimento de um corpo que absorve radiação, o que pode ser perigoso para o organismo. Além disso, pode causar a alteração da estrutura da matéria que compõe as células e, com isso, provocar lesões ou cânceres, uma vez que pode modificar a estrutura do DNA das células.

A molécula do DNA contém o código genético necessário para o metabolismo celular. Quando as células se dividem, o DNA é igualmente duplicado entre elas. Alterar a ligação entre átomos dessas moléculas pode impedir a duplicação ou induzi-las a fazer novas ligações e danificar o DNA. Esse dano pode levar à modificação celular permanente, à incapacidade de reprodução ou à morte da célula.

A morte celular ocasionada pela radiação oferece riscos ao organismo, mas também pode ser utilizada em tratamentos de saúde. É o caso do tratamento do câncer por radioterapia. Nela, o alvo da radiação são as células cancerígenas.



A radiação ionizante pode inutilizar a molécula do DNA e também pode quebrar ligações químicas entre os grupos presentes em sua estrutura. Essas ligações podem ser refeitas de forma diferente, formando, assim, células mutantes, que podem originar o câncer.

Reprodução do Livro do Estudante em tamanho reduzido.

Há muitos estudos que mostram os riscos à saúde associados às radiações ionizantes. Como as radiações não ionizantes não são capazes de alterar a estrutura da matéria, os perigos não são tão grandes; contudo, há estudos com evidências de que elas também podem causar efeitos a longo prazo. O texto a seguir trata desse assunto, focando nas micro-ondas utilizadas para a comunicação de telefones celulares.

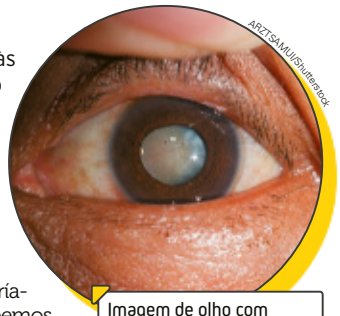

ARZTSAMUI/Shutterstock

Imagem de olho com catarata, doença caracterizada pela perda da transparência do cristalino do olho. Quando isso ocorre, a visão fica embaçada e a pessoa pode chegar à cegueira se a doença não for tratada adequadamente. Porém, a perda da visão pode ser reversível com cirurgia.

Efeitos biológicos das radiações não ionizantes

Um efeito biológico conhecido é o efeito térmico. Isso já poderíamos saber, pois, ao ficarmos muito tempo falando ao celular, percebemos que este esquenta. O maior problema é que, dependendo da potência que o sinal chega, pode acabar penetrando na pele e sendo absorvido por camadas mais profundas do organismo, e essa absorção não é perceptível explicitamente, ou seja, nós não sentimos este aumento de temperatura interno.

A catarata [...] pode ser uma consequência dos efeitos térmicos das radiações. O cristalino responsável pela maior parte da lente ocular é constituído de um líquido similar à clara do ovo. Dessa forma, quando o ovo é aquecido ocorre um branqueamento da clara e enrijecimento, o mesmo ocorre com o cristalino, o que acaba prejudicando a visão e cegando com o tempo.

Experimentos conduzidos com ratos sob uma exposição **SAR** de 0,4 W/kg já apresentavam uma mudança nas células nervosas e com exposições SAR entre 2 W/kg e 3 W/kg, os ratos que foram expostos a esta faixa apresentaram indícios de câncer. Em média, exposições a SAR entre 1 W/kg e 4 W/kg podem provocar danos à saúde e esses valores são levados em conta pelas agências reguladoras de telecomunicações, de acordo com a Anatel [...].

SAR: sigla para taxa de absorção específica (*specific absorption rate*, em inglês), uma grandeza física que mede a quantidade de energia absorvida a cada segundo pelo alvo da radiação. Para a faixa de frequência das ondas de celular, o Ato n. 458/2019 da Agência Nacional de Telecomunicações (Anatel) estabelece como limite máximo o valor de 2 W/kg de emissão.

Celular tem risco real de causar câncer?

Este é um tema controverso. Por um lado, alguns pesquisadores mostram diversas evidências nos experimentos com ratos, porém, os resultados não podem ser diretamente relacionados aos supostos efeitos em seres humanos. Por outro lado, alguns pesquisadores afirmam que, para fazer mal e apresentar um risco em potencial, a radiação do celular deveria ter em média um SAR dez vezes maior do que realmente apresentam nos dias de hoje. [...]

Um outro ponto importante é mostrado no trabalho realizado por especialistas do Instituto de Tecnologia de Massachusetts, nos Estados Unidos, que expôs 71 homens e mulheres com idades entre 18 e 45 anos à radiação do celular durante o sono. Os pesquisadores observaram que as fases iniciais do sono foram diretamente afetadas e que outras, importantes para a recuperação dos desgastes sofridos durante o dia, também foram atingidas pelas radiações. A pesquisa ainda mostrou que as pessoas que dormem próximas ao telefone celular sofrem mais de dores de cabeça. [...]

CHAGAS, Jorge Felipe Campos. *Ensino por investigação a partir do enfoque CTS em uma controvérsia simulada*: o celular pode fazer mal à saúde? 2015. Monografia (Licenciatura em Física) – Universidade Federal Fluminense, Niterói, 2015. Disponível em: https://app.uff.br/riuff/bitstream/handle/1/5979/Jorge%20Chagas.pdf?sequence=1&isAllowed=y. Acesso em: 25 jan. 2021.

#Para refletir

1 Como o efeito térmico da radiação pode causar catarata no olho humano?

2 Os estudos com ratos são conclusivos quanto à ação da radiação não ionizante dos celulares nos seres humanos? Explique.

NÃO ESCREVA NO LIVRO

1. Pelo aquecimento do líquido que compõe o cristalino, que, com a elevação da temperatura, ficaria esbranquiçado de forma similar à que ocorre com uma clara de ovo aquecida.

2. Não, pois os efeitos detectados em ratos não podem ser diretamente expandidos para humanos.

Reprodução do Livro do Estudante em tamanho reduzido.

Orientações didáticas

Sugerimos promover a leitura do texto da página oralmente e solicitar aos estudantes que respondam aos questionamentos do boxe *#Para refletir* sozinhos, incentivando a inferência textual. Após todos concluírem, pode-se iniciar uma discussão para que eles compartilhem suas respostas e opiniões.

Ao longo da discussão, pode-se destacar que o maior responsável pelo aquecimento do celular durante seu funcionamento é o efeito Joule. Esse efeito se caracteriza pela liberação de calor com a passagem da corrente elétrica. Contudo, a absorção da radiação também provoca um efeito térmico, como é possível observar na diferença de temperatura entre uma região sombreada e uma em que os raios de Sol estão incidindo de maneira direta.

#Para refletir

A discussão proposta ajuda no desenvolvimento da competência específica 4 de Ciências da Natureza, pois propicia um momento no qual os estudantes precisarão avaliar uma aplicação tecnológica das radiações e suas implicações à saúde do ser humano. O cuidado com si próprio também faz parte da competência específica 7 de Ciências da Natureza. Além disso, a argumentação necessária para as respostas contribui para o desenvolvimento da competência geral 7.

1 e **2.** As respostas às questões propostas estão no Livro do Estudante.

#Para saber

Radiações não ionizantes
Nesse artigo do Instituto Nacional de Câncer (Inca), há uma explicação sobre as radiações ionizantes, citando fontes, efeitos à saúde, medidas de controle, entre outras informações. Disponível em: https://www.inca.gov.br/exposicao-no-trabalho-e-no-ambiente/radiacoes/radiacoes-nao-ionizantes. Acesso em: 3 jun. 2022.

Orientações didáticas

Neste tópico é favorecido o desenvolvimento da habilidade EF09CI05, pois os conteúdos trabalhados relativos à comunicação promovem a compreensão de como o som e a imagem são formados, transmitidos e captados na comunicação via ondas eletromagnéticas, bem como suas implicações para a comunicação humana. A classificação das radiações eletromagnéticas, com base em suas aplicações, também contribui para o trabalho com a habilidade EF09CI06. Além disso, a abordagem das aplicações na saúde propicia o desenvolvimento da habilidade EF09CI07, pois discute o papel das radiações eletromagnéticas na Medicina diagnóstica, apresentando algumas tecnologias que têm esse propósito. Essa discussão relativa às aplicações tecnológicas da radiação na Medicina está embasada no Tema Contemporâneo Transversal Saúde.

Sugerimos explorar a figura esquemática da transmissão das ondas de rádio pelo ar, evidenciando que essas ondas são refletidas pela ionosfera, por isso conseguem alcançar grandes distâncias.

Para ampliar a discussão sobre o tema, pode-se mencionar as redes de internet 5G que utilizam micro-ondas, conforme o assunto tratado no texto a seguir.

Ondas eletromagnéticas na comunicação e na saúde

No tópico anterior, estudamos os diferentes tipos de ondas eletromagnéticas e algumas de suas aplicações. Agora, vamos nos aprofundar no funcionamento de três aplicações relacionadas com algumas dessas ondas: a comunicação por ondas de rádio, os protetores solares e a tomografia computadorizada.

Comunicação por ondas de rádio

As ondas de rádio têm várias aplicações relacionadas à comunicação. São usadas no controle de tráfego aéreo e marítimo, na comunicação de ambulâncias e viaturas policiais, em alguns radares, em algumas faixas da telefonia móvel, no radioamadorismo e na radiodifusão, na transmissão de ondas de estações de rádio e canais de TV.

No Brasil, a faixa de frequência destinada a cada uma dessas aplicações é definida pela Anatel, que também é o órgão que fiscaliza o sistema de telecomunicação por ondas eletromagnéticas. Assim, as faixas de frequência utilizadas por ambulâncias, pela Polícia, pela Marinha, estações de rádio AM e FM ou, ainda, pela telefonia celular não se confundem, uma vez que há faixas de frequência exclusivas para cada finalidade.

A emissão das ondas utilizadas nas telecomunicações é, geralmente, feita por grandes torres, onde estão localizadas as antenas transmissoras. A recepção é feita por aparelhos, como rádios, televisores e telefones celulares.

As ondas de rádio de frequências mais baixas, entre mil e um milhão de hertz (10^3 Hz e 10^6 Hz), são chamadas ondas longas, afinal seu comprimento de onda é grande. Essas ondas longas, nas quais estão situadas as rádios AM, refletem na ionosfera da atmosfera terrestre e podem alcançar longas distâncias.

Representação esquemática da transmissão de ondas longas de rádio com reflexão na ionosfera.

Reprodução do Livro do Estudante em tamanho reduzido.

#Para ler

A radiação da tecnologia 5G faz mal à saúde?

[...]

A quinta geração de internet móvel, 5G, que entrou em operação recentemente em algumas cidades do Reino Unido, tem gerado questionamentos sobre eventuais riscos da radiação à saúde.

[...]

A radiação eletromagnética usada por todas as tecnologias de telefonia móvel levou algumas pessoas a se preocuparem com o eventual aumento dos riscos à saúde, incluindo certos tipos de câncer.

Em 2014, a Organização Mundial da Saúde (OMS) afirmou que "não foi constatado nenhum efeito adverso à saúde causado pelo uso de telefones celulares".

No entanto, a OMS junto à Agência Internacional de Pesquisa sobre o Câncer (IARC, na sigla em inglês) classificaram toda radiação de radiofrequência (da qual os sinais de celular fazem parte) como "possivelmente cancerígena".

Ela foi inserida nesta categoria porque "há evidências que não chegam a ser conclusivas de que a exposição pode causar câncer em seres humanos".

[...]

Parte do espectro 5G permitido pelas diretrizes internacionais está dentro da faixa de micro-ondas.

As micro-ondas geram calor nos objetos pelos quais passam.

No entanto, nos níveis utilizados pelo 5G (e tecnologias móveis anteriores), os efeitos do aquecimento não são prejudiciais, explica o professor Rodney Croft, consultor da Comissão Internacional de Proteção contra Radiação Não Ionizante (ICNIRP, na sigla em inglês).

"O nível máximo de radiofrequência que alguém pode ser exposto pelo 5G (ou qualquer outro sinal em áreas comunitárias em geral) é tão pequeno que nenhum aumento de temperatura foi observado até agora."

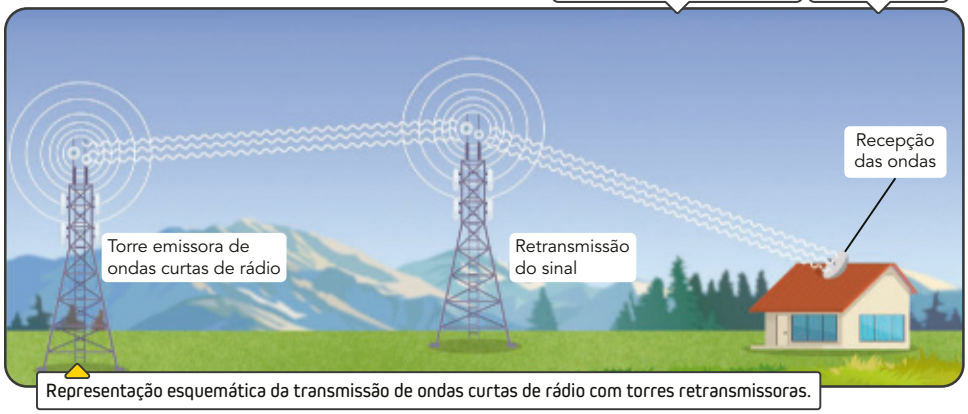
O governo do Reino Unido diz que "embora seja possível haver um pequeno aumento na exposição geral às ondas de rádio quando o 5G for introduzido à rede existente, a expectativa é que a exposição geral permaneça baixa".

A faixa de frequência dos sinais 5G que serão introduzidos está dentro da banda não ionizante do espectro eletromagnético e bem abaixo daqueles considerados prejudiciais pela ICNIRP.

REALITY Check team. A radiação da tecnologia 5G faz mal à saúde? *BBC News*, 15 jul. 2019. Disponível em: https://www.bbc.com/portuguese/geral-48987729. Acesso em: 3 jun. 2022.

Lembre-se de que diferentes frequências das ondas eletromagnéticas permitem diferentes tipos de interação com a matéria. A luz visível, por exemplo, é capaz de atravessar longas extensões no ar, mas as micro-ondas de frequência mais alta não conseguem "viajar" por muitos metros no ar. É como se a atmosfera fosse uma espécie de barreira para essas micro-ondas. No caso das ondas longas de rádio, a ionosfera funciona como uma espécie de espelho, refletindo-as novamente para a superfície terrestre.

Nas ondas de rádio com frequências maiores (ondas curtas), como as utilizadas por emissoras FM e em algumas transmissões de TV, não há essa reflexão na ionosfera. Sendo assim, são necessárias novas torres retransmissoras do sinal para que a onda possa alcançar distâncias maiores. Em alguns casos, a retransmissão é feita por satélites.



Representação esquemática da transmissão de ondas curtas de rádio com torres retransmissoras.

Protetores solares

Os protetores solares (ou filtros solares) devem ser usados para a proteção da ação das ondas ultravioleta. Nós não enxergamos essas ondas, mas nossa pele é sensível a esse tipo de radiação. Ao ser exposta às ondas ultravioleta, a pele produz melanina, que deixa a pele bronzeada. O bronzeamento serve de proteção à radiação ultravioleta, que pode causar, entre outros danos, queimaduras e câncer de pele.

Se a exposição do corpo é feita de forma prolongada e em períodos do dia em que a intensidade da radiação ultravioleta está elevada, apenas a produção de melanina não será suficiente para proteger o organismo. É aí que entram em cena os protetores solares (e os óculos escuros, que protegem os olhos).

É mais comum usarmos protetores solares nas praias quando, geralmente, estamos com menos roupas. Mas a proteção da pele e dos olhos contra os raios ultravioleta deve ser cotidiana. Fotografia em Armação dos Búzios (RJ), 2019.

Reprodução do Livro do Estudante em tamanho reduzido.

#Para saber

Efeitos e benefícios da exposição à luz solar para a imunidade

Artigo que explica os benefícios da exposição à luz solar e os cuidados que devem ser tomados.

Disponível em: https://www.pucrs.br/blog/efeitos-e-beneficios-da-exposicao-luz-solar-para-imunidade/. Acesso em: 24 jun. 2022.

Orientações didáticas

Ao abordar os protetores solares, reforce que a radiação ultravioleta está presente nos raios de Sol e também pode ser emitida por fontes artificiais, como lâmpadas fluorescentes e câmaras de bronzeamento artificial. Ela é dividida em três faixas de frequência: UVA, UVB e UVC.

Os raios UVC são as ondas eletromagnéticas mais energéticas e nocivas aos seres vivos e são, em grande parte, bloqueados pela camada de ozônio.

Os raios UVB têm níveis intermediários de energia, sendo, em sua maioria, absorvidos pelas partículas gasosas na atmosfera, e apenas uma pequena parcela atinge a superfície do planeta. Os raios UVA, menos energéticos, são os que mais atingem a superfície da Terra.

Os raios UVB são absorvidos pela epiderme, a camada superficial da pele. Em excesso, geram dor, inchaço e dilatação dos vasos sanguíneos, causando a "vermelhidão" característica em uma pessoa que ficou muito exposta aos raios solares. A exposição excessiva à radiação UVB pode causar catarata e câncer de pele.

Os raios UVA atingem camadas mais profundas da pele e estimulam a produção de melanina, um pigmento escuro produzido por células chamadas melanócitos, que auxiliam na proteção da pele contra ações nocivas da radiação solar e, como consequência, promovem o escurecimento da pele, conhecido como bronzeamento. Em excesso, a radiação UVA pode reduzir a rigidez da pele, causando envelhecimento precoce.

A luz ultravioleta também tem um efeito bactericida e, por isso, pode ser usada para desinfectar substâncias ou estabelecimentos. Um tratamento possível para a água, por exemplo, é submetê-la à luz ultravioleta para torná-la potável.

Reforce que, quando estamos na praia, é recomendado usar protetor solar mesmo que não fiquemos expostos diretamente à luz solar, pois a areia e a água podem refletir a radiação proveniente do Sol.

Orientações didáticas

Sugerimos comentar que o fator de proteção solar (FPS) do protetor solar está relacionado com os raios UVB e não apresenta informações sobre a proteção contra os raios UVA. Ressalte que efeitos como o envelhecimento precoce da pele podem não ser evitados por meio do uso do produto mesmo que ele tenha um FPS elevado.

Caso considere pertinente, é possível conversar com os estudantes sobre a capacidade das superfícies de refletir as ondas ultravioleta. Areia, água e neve podem refletir essa radiação, portanto, mesmo debaixo de um guarda-sol a pessoa está sujeita a receber a radiação ultravioleta refletida pela areia.

Sobre a tomografia computadorizada, sugerimos que comente que é um exame diagnóstico mais detalhado que a radiografia, uma vez que gera imagens detalhadas milimetricamente das camadas das partes do corpo analisadas. Comente que em alguns casos injeta-se no paciente um contraste, que é uma substância que se mantém opaca na incidência dos raios X e auxilia no mapeamento da região.

#Para saber

Especialista da USP esclarece sobre uso de luz ultravioleta como medida auxiliar na prevenção da covid-19

A postagem apresenta uma entrevista com um professor que explica os resultados de pesquisas que analisaram o uso da luz ultravioleta (UVC) na prevenção da covid-19.

Disponível em: http://www.cvs.saude.sp.gov.br/ler.asp?nt_codigo=4144&nt_tipo=0&te_codigo=17. Acesso em: 25 maio 2022.

A efetividade do protetor solar é medida pelo seu fator de proteção solar (FPS). O número indica quanto tempo a pessoa pode ficar exposta ao sol, sem sofrer danos na pele. Por exemplo: se uma pessoa começa a se bronzear após 12 minutos de exposição ao sol sem o uso do protetor solar, ao usar o filtro solar de fator de proteção 10, ela vai se bronzear somente após 120 minutos de exposição, ou seja, duas horas.

A incidência de radiação ultravioleta depende de diversas variáveis, como a latitude, a altitude e as condições meteorológicas do local. Como a incidência de radiação ultravioleta alta é um risco à saúde, há um padrão de medição, o **índice UV** (índice ultravioleta), disponibilizado em boletins meteorológicos e na internet.

O quadro a seguir mostra o que fazer, de acordo com cada faixa de valores do índice UV.

Índice UV	Nível de radiação ultravioleta	O que fazer
Acima de 11	Extremo	Evite a exposição ao sol, principalmente em horário próximo ao meio-dia. Se a exposição for necessária, use filtro solar com fator de proteção solar (FPS) 60 ou superior, chapéu, camisa, óculos escuros e procure manter-se à sombra.
8 a 10	Muito alto	Não se exponha demasiadamente ao sol, principalmente próximo ao meio-dia. Se a exposição for necessária, use filtro solar com fator de proteção solar (FPS) 50 ou superior, chapéu, camisa, óculos escuros e procure manter-se à sombra.
6 a 7	Alto	Evite o sol próximo ao meio-dia, use filtro solar com fator de proteção solar (FPS) 30 ou superior, chapéu, camisa, óculos escuros e fique, preferencialmente, à sombra.
3 a 5	Moderado	Use boné ou chapéu e filtro solar com fator de proteção solar (FPS) 15 ou superior.
0 a 2	Baixo	Não há necessidade de proteção, mas opte por regiões onde haja sombra em horários próximos ao meio-dia.

OKUNO, E.; VILELA, M. A. C. *Radiação ultravioleta*: características e efeitos. São Paulo: Livraria da Física, 2005; UNITED States Environmental Protection Agency. *UV Index Scale*. Disponível em: https://www.epa.gov/sunsafety/uv-index-scale-0. Acesso em: 11 fev. 2022.

#Estude

Centro de Previsão de Tempo e Estudos Climáticos

Disponível em: www.cptec.inpe.br. Acesso em: 11 fev. 2021.

Para conferir um boletim meteorológico com o índice UV em seu município, você pode acessar o *site* do Centro de Previsão de Tempo e Estudos Climáticos (CPTEC), vinculado ao Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (INPE).

Tomografia computadorizada

A tomografia computadorizada funciona de forma semelhante a um aparelho de raio X, com a diferença de utilizar sensores digitais e computadores para a formação de imagens.

Os raios X podem ser produzidos em tubos apropriados, nos quais os elétrons sofrem brusca desaceleração ao colidirem com um alvo. Nessa desaceleração, a energia é liberada na forma de ondas eletromagnéticas de alta frequência, os raios X.

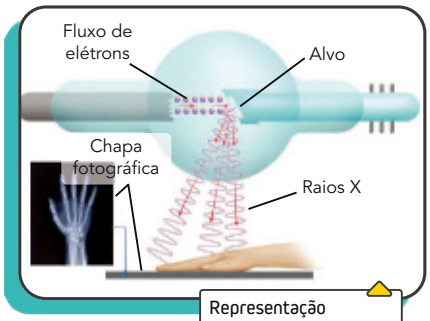
Reprodução do Livro do Estudante em tamanho reduzido.

#Atividade complementar

Aplicações das radiações

Sugerimos como atividade complementar solicitar aos estudantes que respondam à seguinte questão em grupo: Quais são as principais aplicações das radiações presentes em seu dia a dia? Oriente cada grupo a pensar coletivamente em uma resposta e reserve 10 minutos para a apresentação. Depois das apresentações, os grupos podem discutir as respostas.

Por ser uma radiação ionizante, os raios X oferecem riscos à saúde e, em casos de exposição prolongada, podem causar lesões cancerígenas, leucemia, necrose e, até mesmo, a morte. Por isso, os aparelhos de raios X são desenvolvidos para que precisem de doses cada vez menores de radiação, melhorando, assim, a forma de emissão e de detecção da radiação. Ainda assim, é fundamental o uso de equipamentos de proteção para pacientes e operadores, como coletes, em geral de chumbo, que impedem a passagem dos raios X.



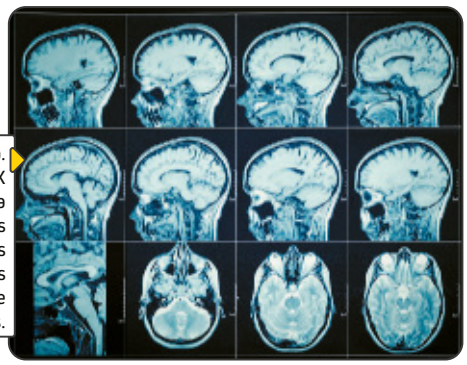
R2 Editorial/Arquivo da editora

Representação esquemática de um aparelho emissor de raios X, que permite a produção de imagens úteis para a Medicina.

Na tomografia computadorizada foram realizados alguns aperfeiçoamentos em relação aos aparelhos de raios X. Por exemplo, os sensores são digitais e de alta sensibilidade, o que possibilita a detecção da passagem ou não dos raios X ponto a ponto, permitindo uma imagem mais detalhada do organismo humano. Além disso, os raios X utilizados na tomografia são menores e podem ser direcionados com mais facilidade, reduzindo a produção de raios secundários que prejudicam a formação de imagens. Essa técnica permite a combinação computacional de uma série de imagens do corpo (chamadas cortes), podendo gerar uma vista completa, de 360º, do interior do organismo.

Xiuqi/Shutterstock

Aparelho de tomografia computadorizada. Seu uso permite a produção de imagens de alta qualidade de estruturas internas do corpo humano.


Triff/Shutterstock

Imagens de uma tomografia de crânio. Computacionalmente, a detecção dos raios X foi transformada em uma escala de cor cinza para vários cortes. As regiões mais claras são as que mais atenuaram a passagem dos raios X, como os ossos, e as regiões mais escuras representam maior passagem de raios X, como os tecidos moles.

Reprodução do Livro do Estudante em tamanho reduzido.

Orientações didáticas

Dando continuidade à abordagem sobre a tomografia computadorizada, sugerimos que comente que exames diagnósticos como esse são muito importantes na detecção de cânceres, pois permitem a visualização detalhada de todas as partes do corpo. Para aprofundar, explique que esses exames médicos conseguem identificar o aumento da temperatura corporal em determinada região, que pode estar relacionado a um câncer, em decorrência da reprodução descontrolada das células cancerígenas, o que aumenta a perfusão sanguínea no local. A perfusão corresponde à passagem do sangue em um organismo ou órgão.

Ao abordar o câncer, pode-se retomar com os estudantes a importância de realizar exames periódicos de prevenção – por exemplo, o exame de mama nas mulheres e exame de próstata nos homens. Comente que os programas de rastreio da mama, para verificar a existência de câncer, se baseiam, principalmente, na mamografia por raios X, técnica que revela detalhes internos da estrutura mamária.

#Para saber

O uso da radiação na conservação dos alimentos

Esse artigo trata resumidamente das vantagens do uso de radioatividade para conservar alguns alimentos. Disponível em: http://revista.unilus.edu.br/index.php/ruep/article/view/611/u2016v13n30e611. Acesso em: 3 jun. 2022.

#Atividade complementar

Fotografia × Radiografia

Alguns tipos de onda eletromagnética são utilizados para formar imagens, como na fotografia e na radiografia. Na fotografia, a luz visível que ilumina uma pessoa é refletida em direção à lente da máquina fotográfica, que faz o registro de modo digital ou em filmes fotográficos. Já na radiografia, o processo é até certo ponto equivalente, já que uma onda eletromagnética também é lançada na direção do corpo de uma pessoa ou objeto, incidindo em seguida em um filme fotográfico ou sensor, que registra sua forma.

Nesse contexto, sugerimos que os estudantes discutam e avaliem as implicações das diferenças no uso desses dois tipos de onda eletromagnética, favorecendo o trabalho com a habilidade EF09CI06. Para isso, proponha os seguintes questionamentos:

a) Por que, quando fazemos um registro fotográfico, apenas a região externa do nosso corpo fica registrada na fotografia?

Espera-se que os estudantes respondam que é porque a luz é uma onda eletromagnética que é refletida na região externa de nosso corpo, não atingindo regiões internas.

b) Converse com os colegas sobre como é realizado um exame de radiografia, comparando-o com a fotografia.

Em ambos, uma onda eletromagnética incide sobre o corpo. Na fotografia, o corpo da pessoa recebe a radiação na faixa da luz visível. Na radiografia, o corpo é atravessado por raios X, que atingem um filme fotográfico ou sensor posicionado atrás da pessoa. Alguns tecidos e estruturas do corpo humano, como ossos, impedem a passagem dos raios X, que não atingem o filme fotográfico ou o sensor.

Orientações didáticas

O grupo de atividades presente nesta seção permite ampliar e desenvolver as habilidades EF09CI05, EF09CI06 e EF09CI07, pois trabalha com conceitos relacionados à transmissão de sons e imagens, à classificação das radiações eletromagnéticas e ao uso dessas radiações na Medicina diagnóstica.

Sugerimos que selecione alguns exercícios para que sejam feitos em sala de aula e outros em casa com a ajuda da família ou de responsável. Separe alguns minutos de sua próxima aula para realizar a correção dos exercícios e verificar possíveis defasagens de conteúdo.

#Atividades

1. A resposta à atividade está no Livro do Estudante.

2. a, b, c, d, e) As respostas à atividade estão no Livro do Estudante.

3. Micro-ondas, raios infravermelhos e radiação gama. A radiação gama pode ser usada para diagnósticos médicos e tratamento de cânceres; os raios infravermelhos são utilizados em tratamentos de fisioterapia, exames médicos e câmeras de visão noturna; e as micro-ondas podem aquecer alimentos e ser usadas para a comunicação.

4. As ondas eletromagnéticas têm sido usadas para diversas finalidades na sociedade. Alguns exemplos são: as de frequência mais baixa, ondas de rádio, TV e celular, são usadas, principalmente, para a comunicação; as micro-ondas são utilizadas na cozinha para aquecer alimentos; as ondas de raios X são usadas em exames e tratamentos médicos, como a radiografia, a tomografia e a radioterapia. No entanto, o acesso a essas tecnologias é desigual, replicando, em certa medida, as desigualdades sociais e econômicas. A atividade contribui para o desenvolvimento da competência específica 2 de Ciências da Natureza.

5. a) Ondas de rádio e micro-ondas são as faixas comumente usadas.

b) Uma antena transmissora é responsável pelo envio do sinal captado pela antena receptora dos aparelhos presentes na casa das pessoas. Em algumas modalidades, a transmissão pode ser feita com o uso de satélites ou cabos.

c) Algumas respostas possíveis: quando surgiram, as imagens das televisões eram em preto e banco e, hoje, são coloridas; antigamente, as televisões funcionavam com uma tecnologia de tubo de raios catódicos e, hoje, existem tecnologias como LCD e LED, em televisores maiores, mais finos e com imagens mais definidas. Algumas implicações na vida humana são: a valorização cultural das imagens e das narrativas visuais, proporcionando rituais como o acompanhamento de programas televisivos em família ou o hábito de fazer refeições antes de assistir a um programa; a concessão de maior legitimidade ao emissor das informações em comparação a outras fontes e possibilidade de utilizá-la para influenciar a opinião das pessoas.

d) Não. Alguns locais não têm acesso à televisão a cabo, por exemplo. Além disso, para alguns segmentos da população, o custo do aparelho pode ser muito alto, o que inviabiliza sua aquisição. Outra questão relacionada ao acesso é o *status* atribuído à posse de uma televisão de última geração, podendo representar um suposto sucesso das pessoas com base nos bens de consumo que elas adquirem. Por outro lado, pode ocorrer de as pessoas se endividarem ou ficarem reféns de condições de trabalho que não aceitariam se os hábitos de consumo fossem diferentes ou se elas não se sentissem pressionadas a demonstrar um padrão de vida determinado.

#ATIVIDADES

NÃO ESCREVA NO LIVRO

Consulte as Orientações didáticas para respostas e comentários das atividades.

1. Diferencie ondas mecânicas de ondas eletromagnéticas. **1.** Ondas mecânicas propagam-se apenas em meios materiais. Ondas eletromagnéticas propagam-se tanto em meios materiais quanto no vácuo.

2. Classifique as ondas a seguir em mecânicas ou eletromagnéticas.

a) Ondas em uma corda. **1. a)** Mecânicas

b) Gotas provocando ondas na superfície de um lago. **1. b)** Mecânicas.

c) Micro-ondas. **1. c)** Eletromagnéticas.

d) Onda sonora. **1. d)** Mecânica.

e) Onda luminosa. **1. e)** Eletromagnética.

3. Raios infravermelhos, micro-ondas e radiação gama são três tipos de ondas que compõem o espectro eletromagnético. Reescreva-as no caderno, em ordem crescente de frequência, e dê exemplos de aplicações de cada uma delas.

4. Escolha uma faixa de frequência do espectro eletromagnético e pesquise esse tipo de onda em publicações ou *sites* de divulgação científica e de universidades. Após a pesquisa, produza um texto de até quinze linhas que explique como essas ondas eletromagnéticas têm sido usadas, quais foram os desenvolvimentos tecnológicos relacionados a elas nos últimos anos e como se dá o acesso das pessoas a essas tecnologias.

5. No espectro eletromagnético há faixas de frequência usadas para transmissão e recepção de imagem e som.

a) Identifique quais radiações eletromagnéticas podem ser usadas para esse fim.

b) Explique os processos de transmissão e de recepção de imagem e som em uma televisão.

c) Faça uma lista das mudanças ocorridas na tecnologia da televisão e suas implicações na vida humana.

d) O acesso à televisão é semelhante entre pessoas de diferentes lugares ou classes sociais? Explique.

6. Construa um esquema visual que explique o que são radiações ionizantes e não ionizantes. Seguem algumas palavras e expressões que você pode usar para compor o seu esquema:

radiações ○ podem ser divididas em ○ podem modificar o DNA humano ○ efeito térmico

GRUPO

7. Em algumas passagens deste capítulo tratamos do uso dos telefones celulares, o que deu margem a um debate sobre eventuais riscos à saúde em decorrência de seu uso. Agora, vamos retomar esse tema com um trabalho em grupo a ser realizado em várias etapas. Para isso, vocês devem ser organizar em oito grupos para responder às questões e desenvolver as atividades a seguir.

a) Em grupo, respondam quais ondas estão relacionadas com o funcionamento dos telefones celulares.

b) Depois, façam a leitura da matéria jornalística a seguir, publicada em 2002, sobre uma antena de telefonia celular instalada em uma escola do Rio de Janeiro (RJ).

Antena do CAp UFRJ causa polêmica

Colégio é notificado para que retire equipamento de telefonia

Instalada desde 1995 no terreno do Colégio de Aplicação da Universidade Federal do Rio de Janeiro (CAp UFRJ), a antena de uma empresa de telefonia celular está causando uma

Reprodução do Livro do Estudante em tamanho reduzido.

interferência entre a escola e a Prefeitura. Na semana passada, o município notificou o CAp para que a antena seja retirada do lugar em, no máximo, 15 dias.

– Recebemos a notificação no dia 23 deste mês. Segundo o documento, a escola poderá ser julgada por crime ambiental. No mesmo dia enviamos o comunicado por fax para o departamento jurídico da Telefônica Celular. O contrato com a empresa foi feito diretamente pela universidade – disse Izabel Goudart, vice-diretora do CAp-UFRJ.

De acordo com a assessoria da Telefônica Celular, o departamento jurídico da empresa não havia recebido nenhum comunicado sobre a necessidade de retirar a antena. Segundo Izabel, foram os pais dos estudantes que entraram na Justiça pedindo que o equipamento não continuasse na escola.

– Também somos favoráveis à retirada da antena. Não há estudos garantindo que as ondas emitidas pela máquina sejam prejudiciais à saúde, mas também não há nada que afirme o contrário. Não temos como prever os efeitos futuros – disse Izabel.

A vice-diretora do CAp conta que o contrato de cessão do espaço foi feito diretamente entre a UFRJ e a Telefônica Celular. Segundo ela, o dinheiro do aluguel, que seria de aproximadamente R$ 900, nunca foi repassado para a escola, que só foi beneficiada uma vez, com pequenas obras no prédio.

MEROLA, E. Antena do CAp UFRJ causa polêmica. *O Globo*, 29 maio 2002. p. 18.

Agora, respondam: O que estaria relacionado com a antena do telefone celular que poderia prejudicar a saúde humana? E com o telefone celular em si? Expliquem.

c) Suponha que a situação anterior tivesse ocorrido na escola em que você estuda e que a comunidade escolar fosse chamada para opinar sobre a retirada ou não da antena de telefonia celular. A proposta da empresa de telefonia foi de que, mantendo a antena no terreno da escola, a empresa instalaria internet gratuitamente, construiria um laboratório de informática para os estudantes e outro para os professores e funcionários, além de providenciar a cobertura da quadra de esportes.

Cabe à comunidade aceitar ou não a proposta, que será alvo de um debate, do qual participarão oito diferentes atores sociais, cada um representado por um grupo de estudantes. Cada grupo corresponderá a um ator social e representará um papel a ser interpretado, devendo se preparar e pesquisar argumentos condizentes com o seu papel. Os papéis serão sorteados entre os grupos, pelo(a) professor(a), de modo que a posição a ser defendida pode não ser, necessariamente, a posição pessoal de cada integrante do grupo.

Os atores sociais são:

1. Estudantes contrários à manutenção da antena na escola.
2. Estudantes favoráveis à manutenção da antena.
3. Professores e funcionários contrários à manutenção da antena na escola.
4. Professores e funcionários favoráveis à manutenção da antena na escola.
5. Associação de pais e amigos da escola.
6. Representantes da empresa de telefonia.
7. Direção escolar.
8. Audiência do debate (grupo que deverá fazer ao menos uma pergunta para cada ator social envolvido).

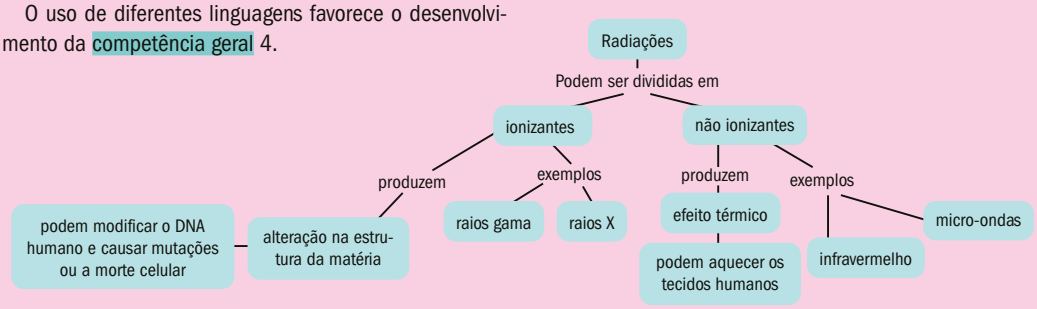
O (A) professor(a) fornecerá mais detalhes para cada grupo desempenhar seu papel no debate, assim como definirá as regras da atividade. Ao final, após a exposição dos diversos argumentos e das respostas às perguntas que surgiram durante o debate, todos os estudantes deverão participar de uma votação seguindo suas opiniões pessoais sobre manter a antena na escola ou retirá-la.

Reprodução do Livro do Estudante em tamanho reduzido.

Orientações didáticas

6. Uma possibilidade de esquema é a apresentada a seguir.

O uso de diferentes linguagens favorece o desenvolvimento da competência geral 4.



7. a) Ondas de rádio de alta frequência ou micro-ondas para estabelecer a comunicação com a antena, onda sonora quando se conversa ao telefone, onda luminosa quando se observa uma tela.

b) Com a antena, talvez a intensidade elevada do sinal de celular cause algum efeito térmico ou possa afetar de alguma outra maneira o organismo das pessoas. O telefone em si recebe e emite uma onda bem menos intensa do que a antena; no entanto, ele está bem mais próximo do corpo humano. Outros possíveis efeitos sobre a saúde que os estudantes podem relatar não dizem respeito às ondas eletromagnéticas em si, mas aos usos dos telefones celulares, como o isolamento das pessoas, a crença em informações falsas, a ansiedade, a depressão e outros problemas de saúde mental causados ou intensificados pelo uso constante do telefone celular.

c) Sugerimos uma ordem para estruturar o debate. Entretanto, essas regras podem ser adaptadas à realidade da escola, caso julgar necessário.

1º) Apresentação dos participantes: Inicialmente cada um dos atores, por ordem de sorteio, terá 3 minutos para defender e explicar sua posição para os demais participantes.

2º) Pergunta entre atores por sorteio: Nesta etapa, são feitos os sorteios para as perguntas entre os atores participantes. Neste momento, sugerimos utilizar dois pacotes com números de 1 a 4, um para sortear o ator que fará a pergunta, e outro para sortear o ator que vai respondê-la. Assim, todos vão fazer uma pergunta e responderão a uma pergunta. O tempo de cada pergunta não pode ultrapassar 30 segundos, e a resposta deve durar no máximo 2 minutos. Quem realiza a pergunta tem até 1 minuto de réplica (para comentar a resposta) e a pessoa que respondeu a ela terá 1 minuto para tréplica (para sua defesa).

3º) Pergunta livre entre atores: Nesta etapa, os atores terão total liberdade para indicar o ator que deverá responder a sua pergunta. Os procedimentos e tempos sugeridos são os mesmos do item anterior.

Orientações didáticas

4º) Pergunta livre da plateia: Na última etapa, a plateia fará perguntas. Cada um dos grupos que não estiver participando do debate deverá fazer uma pergunta de no máximo 40 segundos, e o ator terá até 2 minutos para respondê-la.

5º) Finais: Ao término do debate, cada ator poderá expor suas considerações finais durante no máximo 3 minutos. Depois que todos os atores apresentarem suas conclusões, o debate será encerrado.

Observação: É desejável que cada ator chegue ao debate com seus argumentos escritos em um papel, assim como ocorre em debates importantes como os presidenciais.

A atividade **7** contribui para o trabalho com a competência específica 4 de Ciências da Natureza e a competência geral 7.

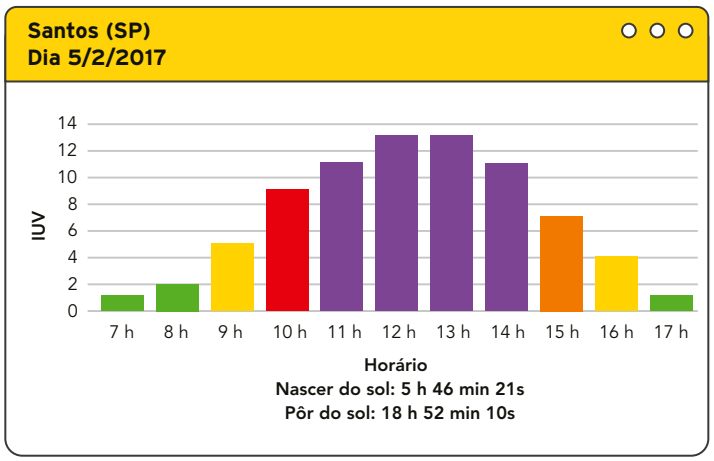
8. a) Das 11 h às 14 h em ambas. Caso os estudantes apresentem dificuldade em responder à questão, oriente-os a rever o quadro do tópico *Protetores solares* do Livro do Estudante.

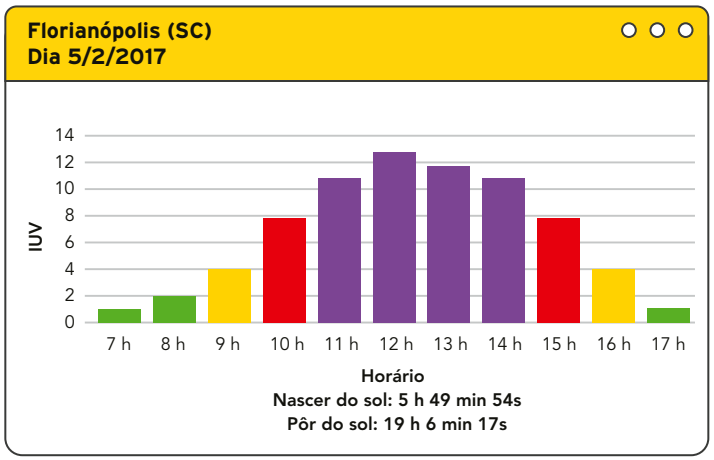
b) Evitar a exposição à luz solar, principalmente próximo ao meio-dia, usar filtro solar com fator de proteção 60 ou superior, chapéu, camisa, óculos escuros e ficar à sombra.

c) O material produzido pelos estudantes no item **c**, que tem como base as respostas aos dois itens anteriores, pode ser fixado nos murais da escola para servir de utilidade pública a toda a comunidade escolar. Pode ocorrer a algum grupo a recomendação de uso contínuo do protetor solar. Trata-se de uma medida que faz sentido do ponto de vista da prevenção. Contudo, o custo do produto poderia ser economicamente inviável para boa parte da população.

A atividade **8** favorece o desenvolvimento da competência geral 4 e das competências específicas 6 e 7 de Ciências da Natureza.

8. O índice de radiação ultravioleta (IUV) de duas cidades litorâneas do Brasil, Santos (SP) e Florianópolis (SC), está representado no gráfico a seguir em diferentes horas do dia 5 de fevereiro de 2017.





Fonte: FRANCO, Leandro William. *Radiação UV*: efeitos, riscos e benefícios à saúde humana – proposta de sequência didática para o ensino de Física. 2018. Dissertação (Mestrado em Ensino de Física) – Faculdade de Ciências e Tecnologia, Universidade Estadual Paulista, Presidente Prudente, 2018. p. 55.

a) Em quais horários a radiação solar oferece mais riscos à saúde em cada cidade citada?

b) Elabore uma lista de cuidados e de medidas preventivas a serem tomados nos horários de maior índice ultravioleta.

c) Em grupos de até quatro integrantes, produzam um cartaz alertando dos riscos da radiação UV e indicando algumas medidas que podem ser tomadas para que as pessoas possam se proteger. Incluam a informação dos horários mais críticos do dia.

Reprodução do Livro do Estudante em tamanho reduzido.

#Para saber

Proposta de ensino de Ciência e Tecnologia para alunos do 9º ano do Ensino Fundamental: rádio e painel solar caseiro

Nesse endereço é possível baixar um PDF que traz um artigo com uma proposta de experimento caseiro de montagem de um rádio que pode ser aproveitado no contexto das ondas eletromagnéticas trabalhadas no capítulo como forma de aprofundamento.

Disponível em: https://sigaa.ufpa.br/sigaa/verProducao?idProducao=645853&key=00d6713f41bdadc94fe016cdceba5e66. Acesso em: 3 jun. 2022.

#Mural de ideias

1. Comprimento de onda, frequência, cristas, vales e amplitude. Aumentando a amplitude, as cristas e os vales ficam mais extremos e o volume do som fica mais intenso. Aumentando a frequência, o comprimento de onda diminui, cristas e vales ficam mais próximos e o som se torna mais agudo.

Para finalizar o estudo desta unidade, vamos retomar os principais conceitos estudados até aqui?

#Para terminar

NÃO ESCREVA NO LIVRO

Com o (a) professor(a) e os colegas, responda:

1. Quais elementos fazem parte de uma onda? Dê exemplos do que se altera com a modificação desses elementos em uma onda sonora.
2. O que é a luz branca?
3. No fim desta unidade, analise: Você está apto para avaliar o risco das ondas eletromagnéticas? Você entendeu como essas ondas podem estar relacionadas com as tecnologias de informação e comunicação ou com exames e tratamentos médicos? Você aumentou seu repertório de argumentos para discutir sobre usos da radiação na sociedade?
4. Com base no que você aprendeu nessa unidade, retome suas respostas do boxe #Para iniciar e faça correções, se necessário.

2. É a luz composta de várias frequências, podendo ser decomposta nas cores do arco-íris: vermelho, laranja, amarelo, verde, azul, anil e violeta.

3 e **4.** Respostas pessoais. Consulte as Orientações didáticas.

Reprodução do Livro do Estudante em tamanho reduzido.

Orientações didáticas

Sugerimos que retome brevemente com os estudantes os objetivos apresentados nesta unidade para verificar se houve alguma defasagem ou dificuldade de aprendizagem no decorrer do trabalho com o conteúdo.

Caso isso ocorra, faça uma breve revisão, apresentando os conteúdos que julgue mais pertinentes para o desenvolvimento dos estudantes. Você pode utilizar a seção *#Mural de ideias* como ferramenta para averiguar e sanar possíveis dúvidas dos estudantes.

#Mural de ideias

O *#Mural de ideias* apresenta as principais ideias trabalhadas na unidade. Inicialmente, sugerimos que solicite aos estudantes que leiam em voz alta o esquema e anotem no caderno uma frase ou palavras sobre o que eles compreenderam, e possíveis dúvidas.

Peça aos estudantes que expressem suas dúvidas e solicite à turma que contribua na resolução dessas dúvidas, tornando-os protagonistas na construção do conhecimento.

O *#Mural de ideias* também pode ser copiado no caderno ou utilizado como avaliação. Nesse caso, solicite aos estudantes que desenvolvam um resumo, um esquema, um diagrama com texto e imagem ou um mapa conceitual impresso ou digital sobre um ou mais temas apresentados nos pequenos boxes.

#Para terminar

Este boxe tem o objetivo de estimular a interação entre os estudantes e a revisão de alguns pontos da unidade, permitindo que eles percebam a evolução dos conhecimentos adquiridos. Além disso, algumas atividades podem favorecer aos estudantes que comparem suas concepções prévias com o que aprenderam nos estudos da unidade. Aproveite esse momento para pedir aos estudantes que retomem as questões do boxe *#Para iniciar.*

Você pode reservar um tempo para que eles respondam às atividades no caderno. Depois, peça-lhes que se organizem em grupos e comparem, oralmente, as respostas dadas, reformulando-as durante os debates. Atente-se aos estudantes que mostrarem dificuldade em responder às questões e retome os conteúdos em que eles manifestarem maiores dificuldades.

Proporcione um ambiente em que eles se sintam confortáveis para se expressar. Outra opção é escrever algumas perguntas em tiras de papel e pedir aos estudantes que as sorteiem e respondam em pequenos grupos ou com a turma toda, estimulando o debate.

1. A resposta à questão proposta está no Livro do Estudante.
2. A resposta à questão proposta está no Livro do Estudante.
3. Incentive os estudantes a responderem aos questionamentos e peça-lhes que exemplifiquem as respostas afirmativas. Este é um bom momento para propor que façam uma autoavaliação.
4. Oriente os estudantes a retomarem os boxes *#Para iniciar* dos capítulos desta unidade e a responderem aos questionamentos com anotações no caderno; depois, solicite a alguns que leiam suas respostas e verifique se restaram dúvidas sobre algum assunto.

Unidade 4

#Foco na BNCC e nos TCT

Competências gerais
1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9 e 10.

Competências específicas de Ciências da Natureza
1, 2, 3, 5, 6, 7 e 8.

Habilidades
EF09CI14, EF09CI15, EF09CI16 e EF09CI17.

Temas Contemporâneos Transversais

- Educação para valorização do multiculturalismo nas matrizes históricas e culturais brasileiras

Conceitos da Unidade

Constelação e asterismo, uso dos astros para marcação do tempo, orientação espacial, agricultura, caça e pesca. Conceito de Universo, sistemas planetários, sistema solar. Estrelas, evolução estelar, exoplanetas, zona habitável.

Conteúdos procedimentais

- Reconhecer a importância da leitura do céu em diferentes culturas.
- Reconhecer usos práticos e simbólicos de constelações.
- Compreender formas de investigar cientificamente o Universo.
- Compreender a evolução do conhecimento sobre a origem da Terra, do Sol e do Universo.
- Identificar condições relacionadas à viabilidade de vida em outros sistemas planetários.
- Debater a aplicação do conhecimento científico levando-se em consideração múltiplos fatores, como o econômico e o ambiental.

Conteúdos atitudinais

- Valorização do conhecimento sistematizado historicamente construído.
- Valorização da diversidade.
- Respeito nos debates de ideias e na argumentação.
- Compromisso com o conhecimento científico.
- Curiosidade pela natureza.
- Criticidade em relação à ciência, tecnologia e sociedade.

UNIDADE 4 ASTRONOMIA

Reprodução do Livro do Estudante em tamanho reduzido.

Raul Aguiar/Arquivo da editora

Os astros sempre despertaram a curiosidade de muitas sociedades ao longo da história. Sobre eles foram elaborados mitos e muitos conhecimentos das Ciências da Natureza. Corridas pela chamada "conquista do espaço" também fizeram parte da história da humanidade, no contexto da Guerra Fria durante o século XX, por exemplo.

Na década de 2020, empresas de turismo espacial lançaram os primeiros foguetes em viagens curtas ao espaço. Muitos planetas foram descobertos fora do Sistema Solar e o estudo das condições necessárias para a existência e manutenção de vida fora da Terra tem se intensificado. Esse é o campo de estudo da Astronomia que trabalharemos nesta unidade. Estudaremos, também, algumas ligações da Astronomia com outras áreas de conhecimento.

#FOCO NA BNCC

Competências gerais: **1**, **2**, **3**, **4**, **5**, **6**, **7**, **8**, **9** e **10**.

Competências específicas: **1**, **2**, **3**, **5**, **6**, **7** e **8**.

Habilidades: **EF09CI14**, **EF09CI15**, **EF09CI16** e **EF09CI17**.

Reprodução do Livro do Estudante em tamanho reduzido.

#Para saber

O que é o Antropoceno, a época em que os humanos tomam controle do planeta

Texto de autoria do jornalista Bruno Calixto para a *Revista Época*, apresentando o conceito de Antropoceno e fazendo ligações com as cidades, a biodiversidade e as mudanças climáticas. O Museu do Amanhã, no Rio de Janeiro, é citado como exemplo de espaço em que o tema central é o Antropoceno.

Disponível em: https://epoca.oglobo.globo.com/colunas-e-blogs/blog-do-planeta/noticia/2015/12/o-que-e-o-antropoceno-epoca-em-que-os-humanos-tomam-controle-do-planeta.html.

Acesso em: 17 jun. 2022.

Orientações didáticas

Esta unidade trata de Astronomia, tema que costuma ser de interesse dos estudantes, facilitando sua abordagem em sala de aula. Na década de 2020, iniciou-se o turismo espacial com empresas privadas, o que também pode ser explorado a partir de notícias como motivação para o início do conteúdo. Em uma abordagem CTS, pode-se refletir se a busca por exoplanetas com possibilidade de abrigar vida humana pelas empresas privadas de viagens espaciais não está alinhada com um movimento para possibilitar a continuidade da espécie humana, caso a Terra chegue a um ponto de não ser mais habitável ou não ter mais recursos suficientes para uma vida confortável para as populações de seres humanos.

Com a área de Ciências Humanas, pode ser trabalhado o conceito de Antropoceno – termo utilizado para designar uma era em que a ação humana mudou significativamente as condições da Terra. As mudanças – físicas, ambientais, climáticas, etc. – podem ser de tal magnitude que ameaçam a viabilidade futura da espécie humana e a de muitas outras espécies no planeta. A ciência e a tecnologia, áreas típicas das quais se esperam soluções, não necessariamente as trazem, pelo contrário, podem agravar o problema, como o ocorrido após o desenvolvimento das máquinas térmicas. Ou, quando possibilitam soluções – a ocupação futura de um exoplaneta, por exemplo –, podem tê-las acessíveis somente a poucas pessoas. A título de exemplo hipotético e especulativo, talvez apenas as pessoas de elevada condição econômica tenham recursos financeiros suficientes para adquirir viagens interplanetárias e obter as condições necessárias para continuar a vida em outros lugares do Universo, após todos os recursos ou todas as condições de vida na Terra terem sido exauridas.

Outra possibilidade de introdução do tema é a partir das narrativas e dos mitos sobre o céu, como os relacionados com estrelas e constelações. É uma oportunidade de interlocução com os saberes populares e com diferentes culturas, como a africana e a indígena.

Informe também aos estudantes que a ilustração de abertura da unidade não tem caráter científico, mas lúdico. Ela tem como objetivo despertar o interesse dos estudantes.

Orientações didáticas

Nesse momento, inicia-se o trabalho com a habilidade EF09CI15 e as competências gerais 3 e 6, ao abordar as diferentes leituras do céu e explicações da origem dos astros de nosso sistema estelar, bem como sua formação, valorizando e fruindo as manifestações artísticas e culturais relacionadas ao tema e destacando a diversidade de saberes e vivências culturais.

#Para iniciar

Este boxe tem o objetivo de auxiliá-lo(a) na identificação dos conhecimentos, das habilidades, das atitudes e dos valores dos estudantes. Por isso, sugerimos que eles realizem o registro de suas respostas iniciais no caderno, a fim de que possam ser retomadas e revistas no final do capítulo. Isso contribuirá para que se conscientizem do desenvolvimento de suas aprendizagens e da construção do seu conhecimento.

Sugestões de respostas e comentários às questões propostas:

- É possível que os estudantes façam comentários sobre as Três Marias, que não é o nome de uma constelação, mas de três estrelas alinhadas que apresentam um brilho de intensidade semelhante e fazem parte da constelação de Órion. Outra constelação que pode ser citada pelos estudantes é o Cruzeiro do Sul. Eles também podem conhecer as constelações zodiacais, às quais a astrologia associa os signos.
- Espera-se que os estudantes compartilhem as próprias vivências sobre o tema. Provavelmente, eles já escutaram que a posição dos astros indica as melhores épocas de plantio, de colheita e de pesca. É possível que comentem também que a Lua influencia no crescimento dos cabelos e no nascimento das crianças, mitos muito comuns em várias culturas brasileiras. Nesse momento, sugerimos orientar os estudantes a compartilhar suas experiências, valorizando a diversidade de saberes e culturas e incentivando o interesse deles pelo tema que será apresentado. Comente que os pontos levantados nessa primeira discussão serão revistos ao longo do capítulo, mas indique também que essas crenças sobre a influência da Lua não têm embasamento científico.

CAPÍTULO 12

Astronomia e cultura

Objetivos do capítulo

- Reconhecer a importância da leitura do céu em diferentes culturas.
- Reconhecer usos práticos e simbólicos de constelações.
- Compreender formas de investigar cientificamente o Universo.

Na BNCC

Habilidade: EF09CI15.

Grossinger/Shutterstock

Radiotelescópio no observatório astronômico localizado no Novo México, Estados Unidos, 2019.

Astronomia é o estudo científico dos corpos celestes. Uma maneira de estudar os astros do céu é por meio da luz que eles emitem. Na unidade anterior observamos que a luz visível é apenas uma pequena parte do espectro eletromagnético. Isso significa que é possível investigar o céu para além do que enxergamos, para além da luz visível. Podemos, por exemplo, estudar as ondas de rádio emitidas ou refletidas pelos corpos celestes. É o que fazem os radiotelescópios, como o mostrado na imagem.

Olhar o céu para além do que se vê diretamente pode ter também um outro sentido, o de pensar nos astros como símbolos, como narrativas mitológicas, como formas de se organizar no tempo e no espaço. É a este aspecto que vamos nos dedicar neste capítulo: como diferentes culturas olharam para os astros em busca de referências para suas necessidades. Vamos descobrir?

NÃO ESCREVA NO LIVRO

#Para iniciar

- Você conhece alguma constelação? Se sim, qual ou quais?
- Os astros podem ter relação com as atividades agrícolas, de pesca ou de caça? Explique.

Respostas pessoais para mobilização dos conhecimentos prévios dos estudantes. Consulte as Orientações didáticas.

Reprodução do Livro do Estudante em tamanho reduzido.

#Leituras do céu

Você já observou o céu e se fez algumas perguntas, como: Quantas estrelas há no céu? Como é possível identificá-las? Quando e com qual frequência as estrelas e os planetas podem ser observados no céu? Eles exercem alguma influência em nossa vida?

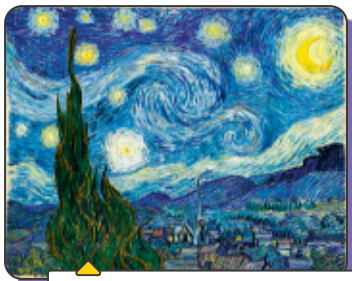
A Astronomia, como campo das Ciências da Natureza, é uma das áreas de expressão humana que se interessam pelo céu. Mas o interesse e o fascínio em elucidar os mistérios do céu não são exclusivos dos cientistas. Há relatos de diversas culturas que criaram narrativas para contar suas visões de mundo e suas formas de ler o céu.

Encontramos também nas artes expressões sobre o fascínio pelos astros, como no quadro *A noite estrelada*, do pintor holandês Vincent van Gogh (1853-1890), e no poema "A propósito de estrelas", de Adília Lopes, pseudônimo literário da poeta portuguesa Maria José da Silva Viana Fidalgo de Oliveira (1960-).

A propósito de estrelas

Não sei se me interessei pelo rapaz
por ele se interessar por estrelas
se me interessei por estrelas por me interessar
pelo rapaz hoje quando penso no rapaz
penso em estrelas e quando penso em estrelas
penso no rapaz como me parece
que me vou ocupar com as estrelas
até ao fim dos meus dias parece-me que
não vou deixar de me interessar pelo rapaz
até ao fim dos meus dias
nunca saberei se me interesso por estrelas
se me interesso por um rapaz que se interessa
por estrelas já não me lembro
se vi primeiro as estrelas
se vi primeiro o rapaz
se quando vi o rapaz vi as estrelas

LOPES, A. A propósito de estrelas. *In:* LOPES, A. *Um jogo bastante perigoso*. Belo Horizonte: Moinhos, 2018. *E-book*.



Reprodução/Museu de Arte Moderna de Nova York, EUA.

A noite estrelada, de Vicent van Gogh, 1889 (óleo sobre tela, 73,7 cm × 92,1 cm). Nessa obra, Van Gogh retratou a vista da janela de um quarto na França antes do nascer do sol.

#Para interpretar

NÃO ESCREVA NO LIVRO

1. Quais são os astros que você observa no quadro *A noite estrelada*?
1. A Lua e as estrelas.
2. O que mais chamou sua atenção nessa pintura?
2. Resposta pessoal. Consulte as Orientações didáticas.
3. No poema, qual é o sentimento do eu lírico em relação às estrelas?
3. Consulte as Orientações didáticas.
4. Você estabelece alguma relação entre o poema e a pintura? Qual?
4. Resposta pessoal. Consulte as Orientações didáticas.
5. A posição dos astros no quadro *A noite estrelada* corresponde à posição real deles na madrugada do dia em que Van Gogh o pintou. Isso faz do quadro uma representação científica do céu? Por quê?
5. Não. A arte não necessariamente se atém aos rigores da representação científica.

Para entendermos melhor diferentes formas de relacionar leituras do céu às necessidades de distintas culturas, vamos começar pelo estudo do conceito de constelação.

Reprodução do Livro do Estudante em tamanho reduzido.

#Atividade complementar

O céu retratado na arte

Peça aos estudantes que, em grupos, pesquisem formas de representação do céu na arte, como em músicas, pinturas, teatro, cinema, poesia e outros estilos de obras literárias. Em seguida, peça que identifiquem o artista e a época em que foi feita, bem como discutam os possíveis sentimentos que suscita. Depois, peça aos grupos que compartilhem as conclusões a que chegaram em uma roda de conversa, oportunizando o trabalho com a competência geral 9.

Orientações didáticas

Neste tópico, a proposta é explorar as leituras do céu, ou seja, de que forma algumas pessoas retratam os objetos astronômicos observados em diferentes formas de arte. Sugerimos ressaltar que as diversas formas de representar o céu por meio das artes pode estar associada ao sentimento de admiração que ele desperta em nós.

Na atividade complementar, pode-se explorar outros exemplos em que o céu foi fonte de inspiração para artistas. Além de servir de estímulo para a arte, o céu incentiva as pessoas a se questionarem sobre o Universo, a origem da vida e diversos fenômenos da natureza.

#Para interpretar

As atividades deste boxe oferecem aos estudantes a oportunidade de desenvolver habilidades de leitura, uma vez que demandam processos de compreensão e inferência de textos. Após a leitura do texto da página, peça a eles que respondam às atividades no caderno. Em seguida, disponibilize um período para que discutam a leitura e as respostas.

1. A resposta à questão está no Livro do Estudante. No quadro, o astro mais brilhante depois da Lua representa o planeta Vênus. Assim também ocorre no céu noturno: Vênus é o objeto mais brilhante depois da Lua e é conhecido em muitas regiões como Estrela d'Alva.
2. Incentive os estudantes a compartilhar suas percepções.
3. Uma interpretação possível é que o eu lírico se interessa e vai trabalhar com os astros por toda a vida ("[...] como me parece/ que me vou ocupar com as estrelas/ até ao fim dos meus dias [...]"). Também há um grande laço afetivo com as estrelas, relacionadas com o apreço por um rapaz, que forma uma imagem estética de duplo fascínio pelos astros e pelo rapaz.
4. Espera-se que os estudantes respondam que, em ambas as representações, o foco está nas estrelas como algo interessante, belo ou fascinante para os seres humanos.
5. A resposta à questão está no Livro do Estudante. Espera-se que os estudantes compreendam que a arte pode expressar sentimentos do artista ou trazer a oportunidade para o público desfrutar, fruir e aproveitar a beleza estética da obra.

Orientações didáticas

No tópico *Constelações e asterismos*, o objetivo é trabalhar com a definição de constelações. Uma forma de introduzir o tema é orientar os estudantes a identificar figuras na imagem do Livro do Estudante. Disponibilize um tempo para que observem e busquem padrões. É possível que tentem identificar asterismos conhecidos, como três estrelas alinhadas, formando as Três Marias, ou estrelas em forma de cruz, formando o Cruzeiro do Sul. Eles podem também identificar formas associadas a objetos modernos, como um *smartphone*, por exemplo. Se isso acontecer, aproveite para abordar, por meio dessa atividade, a origem das figuras dos asterismos.

Ao observar constelações, podemos ter a impressão de que as estrelas estão realmente próximas umas das outras. No entanto, o mais comum é que estejam muito distantes. Comente que o efeito de proximidade se dá devido à perspectiva de um observador na Terra. Assim, chame a atenção dos estudantes para o fato de que a proximidade entre as estrelas de um mesmo asterismo ou constelação é apenas aparente. No boxe *#Para saber* + indicamos um texto sobre uma oficina feita com estudantes, que pode ajudar na percepção da distância real entre as estrelas. Com o texto do Livro do Estudante, a oficina contribui para a compreensão da ciência como empreendimento humano, promovendo o trabalho com a competência específica 1 de Ciências da Natureza.

Ao abordar esse tema, é importante reforçar o conceito atual de constelações, pois muitos estudantes, provavelmente, entendem que elas são os desenhos no céu. É importante ressaltar que o objetivo dessa divisão astronômica é facilitar a localização dos corpos celestes, uma vez que cada estrela está em uma constelação. Uma forma de exemplificar isso é associá-la à divisão política do Brasil: o país é dividido em estados, e cada cidade está em apenas um estado.

A menção à **Arqueoastronomia** e à **Etnoastronomia** contribui para o desenvolvimento da competência geral 9 e da competência específica 1 de Ciências da Natureza.

A seguir, indicamos um *software* (Stellarium) que pode ser utilizado em sala de aula para visualização das constelações.

Constelações e asterismos

Ao olharmos para o céu, é comum imaginarmos desenhos formados pelos astros ligando os pontos no firmamento. Observe a imagem e tente imaginar os desenhos que podem ser formados no céu ao conectar os pontos que representam os astros.

Roau Elena/Shutterstock

Representação artística do céu estrelado.

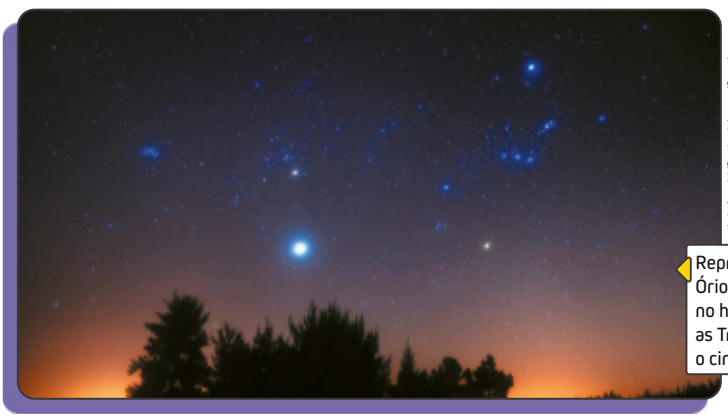
Esse tipo de contemplação levou alguns povos a elaborar diversas representações do céu, que foram passadas de geração em geração. Muitas delas fazem parte da cultura deles atualmente.

Para a Astronomia, os desenhos imaginados no céu são denominados **asterismos**. Desde 1930, uma definição da União Astronômica Internacional (IAU) reserva o nome de **constelação** para 88 regiões do céu. Cada uma dessas regiões costuma receber o nome do asterismo mais conhecido na tradição europeia.

A região do céu onde está localizado o asterismo das Três Marias é a constelação de Órion, referência feita ao asterismo de Órion, um caçador da mitologia grega.

R2 Editorial/Arquivo da editora

Em amarelo, região do céu, vista do hemisfério norte, que correspondente à constelação de Órion.



Luis Argerich/Stocktrek Images/Getty Images

Representação do asterismo de Órion visto em Doyle, Argentina, no hemisfério sul. Observe as Três Marias representando o cinturão do caçador.

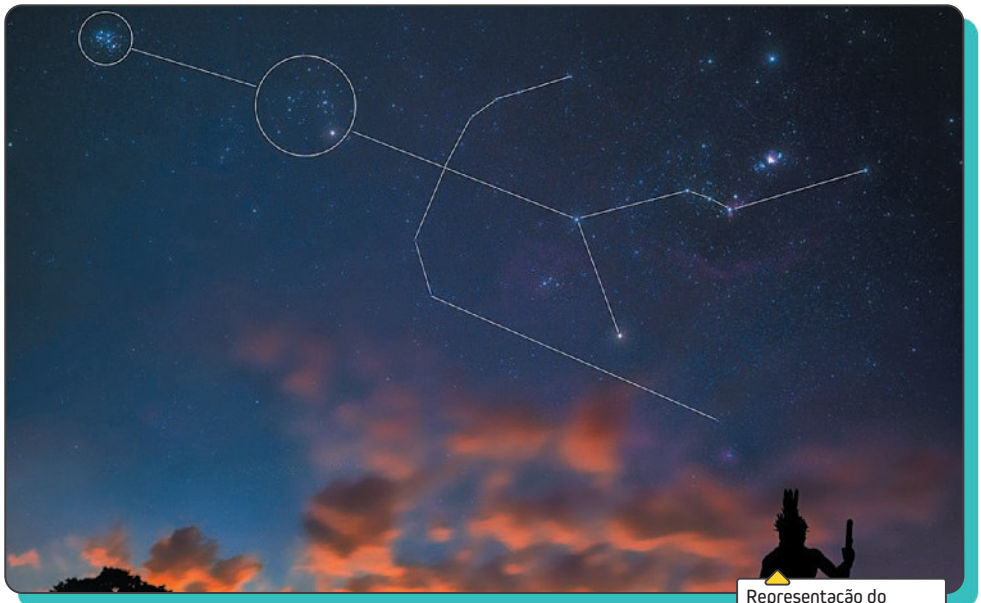
Reprodução do Livro do Estudante em tamanho reduzido.

#Para saber

Stellarium
O Stellarium é um *software* que simula o céu, mostrando de forma realista estrelas, planetas e outros corpos celestes. Nele, é possível identificar a localização geográfica, a data e a hora em que um astro foi visto, e até acelerar ou retroceder o tempo. É possível baixar o programa e instalá-lo no computador gratuitamente, ou então acessá-lo diretamente pelo navegador. Também é acessível pelo *smartphone* via aplicativo. Disponível em: https://stellarium.org/pt/.

Oficina Constelação 3D
Esse texto relata uma oficina feita com estudantes, com o objetivo de visualizar a distância real entre estrelas de uma mesma constelação.
Disponível em: https://www.ufmg.br/rededemuseus/mostravirtual2016/wp-content/uploads/2016/10/EC_03.pdf. Acesso em: 15 maio 2022.

Na tradição dos povos indígenas da América do Sul, da família de línguas tupis-guaranis, as Três Marias fazem parte do asterismo do Homem Velho, referência ao mito tupi-guarani de uma pessoa que perdeu uma das pernas.



Rodrigo Guerra/Acervo do fotógrafo

Representação do asterismo do Homem Velho, visto do hemisfério sul. As Três Marias são as estrelas próximas do que seria o joelho do Homem Velho.

Por que há diferentes asterismos na mesma região do céu?

Observe novamente a imagem reproduzida na página anterior. Você consegue elaborar outros desenhos com os corpos celestes representados?

De forma semelhante, pessoas de outras culturas, ao olhar o céu, identificavam desenhos diferentes, geralmente de objetos comuns no seu cotidiano ou seres de sua mitologia. Alguns podem auxiliar na orientação espacial, guiando-nos em uma grande viagem terrestre ou marítima. Outros estão relacionados à marcação do tempo, representam o início ou o término de um ciclo, como a época do plantio ou da colheita, da caça e da pesca. Por isso, são asterismos relacionados à produção de alimentos. Também existem aqueles aos quais é atribuído o poder de transmitir alguma mensagem, lembrar algo importante ou valorizar algum comportamento por meio de histórias relacionadas aos desenhos no céu. É o caso dos mitos.

Uma dificuldade que enfrentamos para conhecer os asterismos de diversas culturas é que, em geral, as histórias eram passadas oralmente, de geração em geração. Por isso, muitas delas não têm registros escritos ou os documentos oficiais podem ter se perdido ou se deteriorado.

Há um ramo de interligação da Arqueologia com a Astronomia especializado em conhecer as práticas dos povos antigos em relação aos astros por meio da investigação dos monumentos que eles construíram, a **Arqueoastronomia**. Há, também, uma interligação entre a Astronomia e a Antropologia, a **Etnoastronomia**, que busca compreender os diferentes conhecimentos e significados dos astros em sociedades atuais.

Reprodução do Livro do Estudante em tamanho reduzido.

#Para saber

Mitos e estações no céu Tupi-Guarani
Nessa matéria, o professor Germano Afonso, especialista em Astronomia indígena, relata o conhecimento dos indígenas tupi-guaranis sobre o céu, as marcações do tempo, as estações do ano, as constelações e os mitos.
Disponível em: https://revistacienciaecultura.org.br/?artigos=mitos-e-estacoes-no-ceu-tupi-guarani.

As constelações
No *site* da União Astronômica Internacional, você encontra uma explicação sobre as constelações, sua origem, significado atual, além de uma lista com as 88 constelações oficiais.
Disponível em: https://www.iau.org/public/themes/constellations/brazilian-portuguese/.
Acesso em: 26 abr. 2023.

Orientações didáticas

Apresentamos, a seguir, uma atividade complementar que exemplifica uma maneira de utilizar o *software* do programa Stellarium em sala de aula.

#Atividade complementar

Explorando o céu com o Stellarium
Se a sua escola possuir um laboratório de informática, sugerimos que reserve uma aula para que os estudantes possam explorar o céu por meio do Stellarium. Caso não seja possível, pode-se sugerir que eles o acessem via *smartphones* na sala de aula, se houver essa opção.
Com o Stellarium aberto, peça aos estudantes que o explorem inicialmente por conta própria, a fim de se familiarizarem com os recursos do programa. A seguir, conduza a atividade, propondo algumas pesquisas. Por exemplo, peça que simulem o céu à noite do dia da aula na localização onde moram, ou então o céu do dia em que nasceram. Peça que mudem a localização mantendo a data e a hora fixas, e escolhendo cidades distantes, como Oslo, Tóquio, Cidade do Cabo, Sidnei, entre outras. Discuta com eles as diferenças no céu de cada lugar.

Orientações didáticas

Nesse momento, o enfoque do capítulo é a valorização de outras culturas e suas visões de mundo e do céu. Grande parte das constelações oficiais atuais são provenientes da tradição grega, mas existem visões diferentes do céu em outras culturas, como citado no texto e nas orientações das páginas anteriores.

Uma abordagem interessante é questionar os estudantes sobre tradições, mitos e conhecimentos sobre o céu ou sobre a natureza em geral que eles tenham escutado de seus familiares ou responsáveis. Em um país tão diverso quanto o Brasil, é possível que famílias tenham tradições e costumes diferentes, mesmo vivendo na mesma região.

#Para refletir

1. Na internet é possível obter listas de planetários e parques da ciência no Brasil, como no *site* disponível em: https://planetarios.org.br/planetarios-do-brasil/ (acesso em: 11 maio 2022). Existem planetários fixos e móveis, muitos dos quais são itinerantes. Se possível, vale a pena organizar uma visita com os estudantes a um desses locais ou tentar trazer um planetário móvel para sua escola.

2. A questão não se restringe apenas a conhecimentos astronômicos. Pode-se, por exemplo, explorar alimentos e preparos alimentares indígenas e africanos que são muito difundidos na nossa culinária. Sugerimos também levar os estudantes a refletir sobre por que, em geral, os conhecimentos de tradição europeia são mais valorizados, especialmente no campo científico. Um trabalho em conjunto com as Ciências Humanas pode auxiliar nessa reflexão, que passa pela colonização europeia do Brasil e o maior prestígio alcançado por personagens, obras e narrativas europeias.

Nos estudos realizados nessas áreas, o objetivo não é desmerecer ou diminuir o conhecimento dos povos e valorizar apenas o que diz a ciência atual. Trata-se, antes de tudo, de compreender várias visões de mundo. Ao tomarmos consciência de que há diferentes leituras do céu, reconhecemos a existência de múltiplas culturas e, com base nos tipos de problemas e soluções que elas expõem, podemos refletir melhor sobre a nossa própria cultura. Além disso, promove-se o respeito à diversidade e torna-se disponível parte do conhecimento de grupos que nem sempre conseguem ter visibilidade e valorização.

Um exemplo de ação desse tipo é desenvolvido no Parque da Ciência Newton Freire Maia, localizado no município de Pinhais (PR). No planetário do parque há a projeção de estrelas e de asterismos, bem como interpretações da tradição científica ocidental e da tradição de povos indígenas que habitam o Paraná, em especial os povos tupis-guaranis.

Parque da Ciência Newton Freire Maia, Pinhais (PR), onde são repassados aos visitantes os conhecimentos advindos da Etnoastronomia.

KikoCorreia/Wikipedia/Wikimedia Commons 3.0

#Para refletir

NÃO ESCREVA NO LIVRO

1. Na região em que você vive há algum planetário, museu ou parque da ciência?
2. Você tem informação de algum conhecimento dos povos indígenas da região em que mora ou de povos africanos trazidos para o idioma predominante atual dessa região?

1. e **2.** Respostas pessoais. Consulte as Orientações didáticas.

Reprodução do Livro do Estudante em tamanho reduzido.

#Para saber

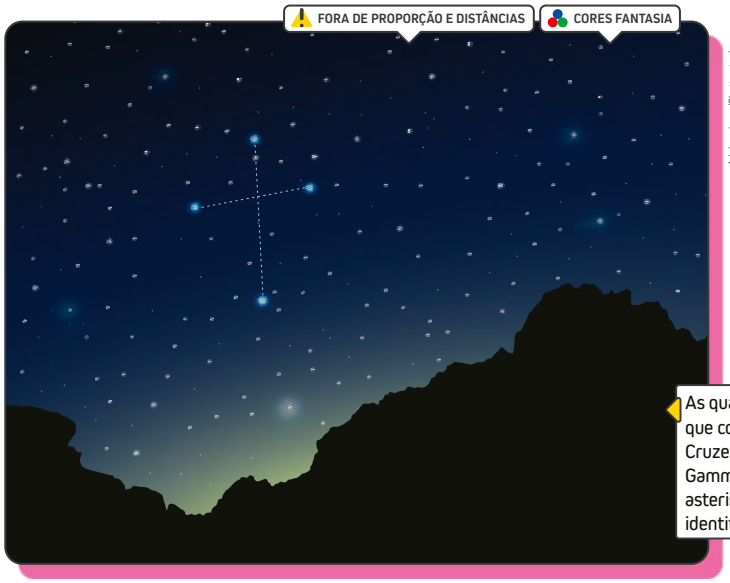
O sistema numérico maia

Na página do Museu da Vida, da Fundação Oswaldo Cruz, pode-se encontrar um artigo sobre o sistema de numeração maia e como ele influenciou o desenvolvimento da Astronomia na região.

Disponível em: http://www.invivo.fiocruz.br/cienciaetecnologia/o-sistema-numerico-maia/. Acesso em: 21 maio 2022.

Orientação no espaço

Um dos asterismos visíveis apenas no hemisfério sul é o do Cruzeiro do Sul, na constelação de mesmo nome. São cinco estrelas formando o desenho aproximado de uma cruz. A constelação e o asterismo receberam esse nome na época das Grandes Navegações, quando os navegadores europeus descobriram novos caminhos para a África e a Ásia e os novos continentes foram nomeados América e Oceania.



Ad_hominem/Shutterstock

Por muito tempo, usar os astros como referência foi uma das únicas formas de se orientar espacialmente na navegação. A importância é tanta que o Cruzeiro do Sul está presente em bandeiras de cinco países: Austrália, Brasil, Nova Zelândia, Samoa e Papua-Nova Guiné – todos no hemisfério sul.

Julinzy/Shutterstock
a_b_t/Shutterstock
imaskul/Shutterstock
Save nature and wildlife/Shutterstock
Ad_hominem/Shutterstock

Reprodução do Livro do Estudante em tamanho reduzido.

Orientações didáticas

As constelações na Antiguidade possuíam grande importância pelo aspecto mitológico, mas também por questões práticas, como marcação do tempo, previsão da chegada das chuvas, localização geográfica, etc. Devido ao movimento regular de rotação e translação da Terra, as constelações seguem trajetórias aparentes no céu muito bem definidas ao longo de uma noite e ao longo do ano. Dessa forma, os povos antigos perceberam que era possível se localizar na Terra utilizando as estrelas e constelações como guias.

O texto trata do exemplo da constelação do Cruzeiro do Sul, de grande importância para os países do hemisfério sul. Existem várias outras formas de localização geográfica usando o céu. Uma forma de abordar esse tema é por meio de pesquisa. Para isso, divida os estudantes em grupos. Cada grupo deve pesquisar uma forma de localização e apresentá-la aos demais.

Outra maneira de abordar o assunto é por meio do *software* Stellarium, que já indicamos em um boxe *#Para saber +*. Com a atividade sugerida anteriormente, espera-se que os estudantes tenham percebido que é possível ver constelações em diferentes localizações. Portanto, encontre a constelação do Cruzeiro do Sul, fixando uma data e hora. Em seguida, varie a localização geográfica no Stellarium, entre o extremo sul do Brasil e a região nordeste, e observe que, quanto mais ao norte, mais baixo o Cruzeiro do Sul aparece no céu em um mesmo horário.

Note que não é apenas o movimento das estrelas e constelações que possibilita a localização no globo terrestre, mas também do Sol e da Lua. No Stellarium, por exemplo, é possível visualizar um efeito interessante ao alterar a localização para o polo sul ou para o polo norte da Terra. Nesse caso, o movimento da Terra faz com que o Sol fique permanentemente acima do horizonte no verão e abaixo do horizonte no inverno nessas regiões.

Orientações didáticas

#Para refletir

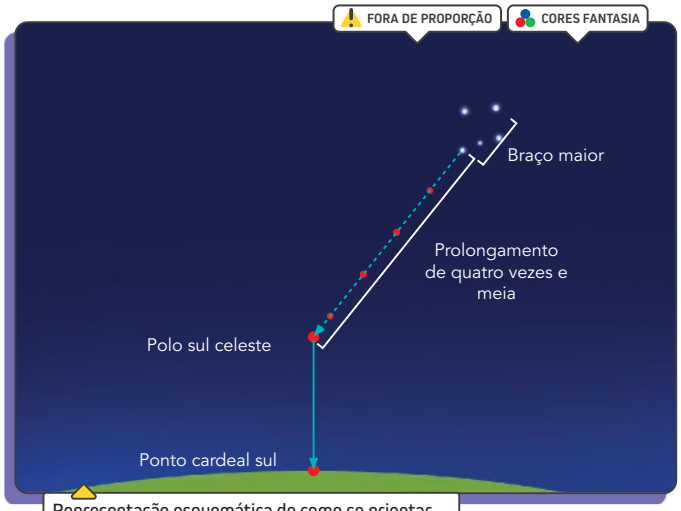
1. Sim, pois as nações envolvidas com as Grandes Navegações eram de religião cristã, e a cruz é um símbolo religioso. Simbolicamente, o asterismo remete à história de Cristo e à expansão do cristianismo (em especial o catolicismo português e espanhol) pelo mundo. Essa concepção nos mostra como os asterismos imaginados no céu se relacionam às visões de mundo de cada sociedade. Note que as estrelas que formam o Cruzeiro do Sul foram incluídas pelos povos da Antiguidade na constelação do Centauro, uma vez que a cruz não era um símbolo relevante para aqueles povos.

#Estude+

O texto "Fique por dentro dos mitos e usos das constelações indígenas", indicado neste boxe, pode ser usado como ponto de partida ou para concluir a abordagem do tema. A leitura pode ser realizada em sala de aula ou em casa e, caso considere pertinente, peça aos estudantes que anotem suas dúvidas e as discutam em uma roda de conversa.

Caso a escola disponha dos equipamentos necessários, sugerimos que organize um momento para exibir o vídeo *Cuaracy Ra'Angaba – O céu Tupi Guarani*. Depois do vídeo, organize uma roda de conversa sobre ele.

Uma maneira de se orientar seguindo o Cruzeiro do Sul é traçar mentalmente um prolongamento de quatro vezes e meia o tamanho do braço maior da cruz. Esse prolongamento indica a localização do chamado polo sul celeste. Imaginando, então, uma linha que desce perpendicularmente do polo sul celeste até o horizonte, tem-se a direção do ponto cardeal sul. A imagem ao lado nos mostra esse raciocínio.



Representação esquemática de como se orientar espacialmente pelo Cruzeiro do Sul.

#Para refletir

NÃO ESCREVA NO LIVRO

1 Pensando na época das Grandes Navegações, imaginar no céu o desenho de uma cruz pode ter alguma relação com o contexto da época? Explique.

1. Resposta pessoal. Consulte as Orientações didáticas.

Muitas culturas usaram os astros para se orientarem espacialmente. Um exemplo foi observado pelo francês religioso e entomólogo Claude d'Abbeville (?-1632) com o povo tupinambá no Maranhão no início do século XVII.

O asterismo do Homem Velho, já observado anteriormente, é utilizado para a localização geográfica por surgir próximo ao ponto cardeal leste e se pôr próximo ao oeste. Além disso, o Homem Velho é usado para marcação temporal. Ele surge ao anoitecer na segunda quinzena do mês de dezembro.

Asterismo compartilhado por vários povos indígenas da costa brasileira, seu aparecimento no céu indica a proximidade da estação chuvosa para os povos indígenas mais ao norte do país. Para povos mais ao sul, o surgimento do Homem Velho no céu indica o início do verão.

#Estude

- **Fique por dentro dos mitos e usos das constelações indígenas.**

Disponível em: https://memoria.ebc.com.br/tecnologia/2016/02/constelacoes-indigenas-mitos-e-astronomia.

Matéria da Empresa Brasil de Comunicação (EBC) que apresenta mitos e usos de asterismos indígenas brasileiros para localização geográfica e marcação de tempo e de estações ambientais. O asterismo do Homem Velho é um dos abordados na matéria.

- **Cuaracy Ra'Angaba – O céu Tupi Guarani. 28 min.**

Disponível em: https://www.youtube.com/watch?v=obuRxNgAh6c.

Documentário que aborda a astronomia dos povos guaranis e sua maneira de ler o céu.

Acesso em: 19 fev. 2022.

Reprodução do Livro do Estudante em tamanho reduzido.

#Atividade complementar

Caso o tema seja abordado em um período propício para a visualização do asterismo do Cruzeiro do Sul, proponha aos estudantes que o localizem no céu noturno e, com base na representação esquemática do Livro do Estudante, identifiquem a localização do ponto cardeal sul.

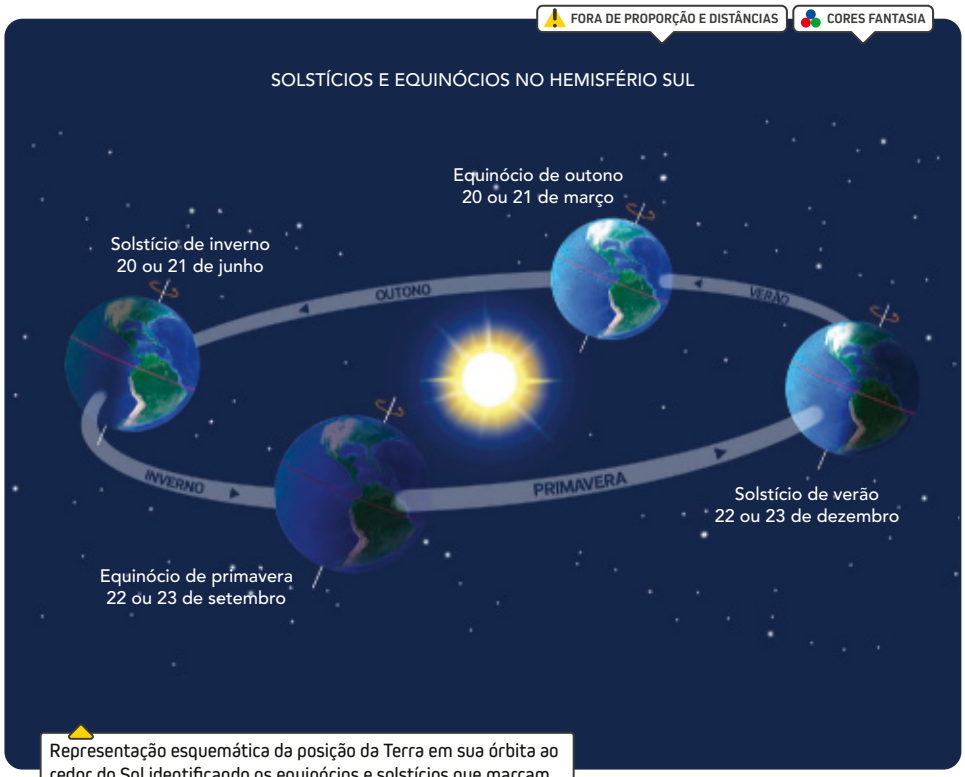
Depois, peça a eles que comparem com a indicação de uma bússola, verificando se foi realmente possível localizar de forma aproximada o ponto cardeal sul por meio da observação dos astros. Caso os estudantes não tenham acesso a uma bússola, eles podem usar algum aplicativo de celular ou construir a própria bússola, o que ajuda a favorecer a autonomia deles no processo de aprendizagem.

Marcação do tempo

No 8º ano estudamos os movimentos de translação e rotação da Terra, assim como a revolução da Lua em torno da Terra. Compreendemos que a Terra possui uma órbita ao redor do Sol e leva 365 dias para completá-la. Seu movimento de rotação dura cerca de 24 horas. Já a Lua leva 28 dias para dar a volta ao redor da Terra.

Você se recorda por que temos quatro estações no ano? Vimos que as estações astronômicas do ano ocorrem em razão da inclinação do eixo de rotação da Terra em relação à órbita de translação.

Essa inclinação faz com que os hemisférios sejam iluminados de formas diferentes. Assim, há algumas datas específicas em que há maior diferença de iluminação entre os hemisférios, que chamamos de **solstícios** de inverno e de verão, os quais ocorrem em junho e em dezembro no hemisfério sul. Há, ainda, as datas em que os dois hemisférios do planeta são igualmente iluminados, que chamamos de **equinócios** de outono e de primavera, as quais ocorrem nos meses de março e setembro no hemisfério sul.



R2 Editorial/Arquivo da editora

Representação esquemática da posição da Terra em sua órbita ao redor do Sol identificando os equinócios e solstícios que marcam as mudanças das estações astronômicas.

Elaborado com base em: SARAIVA, M. de F. O. *Astronomia & Astrofísica*. São Paulo: Livraria da Física, 2004. STEINKE, E. T. *Climatologia fácil*. São Paulo: Oficina de Textos, 2016.

Reprodução do Livro do Estudante em tamanho reduzido.

#Para saber

Constelações de cada estação
Nesse texto, você encontra uma lista com as principais constelações características de cada época do ano.
Disponível em: https://www.galeriadometeorito.com/p/constelacoes-das-estacoes-do-ano.html.
Acesso em: 11 maio 2022.

Orientações didáticas

Este tópico retoma o assunto já estudado em anos anteriores sobre o movimento da Terra e as estações do ano. O movimento da Terra também está relacionado às diferentes constelações visíveis em distintas épocas do ano.

Para demonstrar esse fenômeno, sugerimos uma breve dinâmica. Peça a dois estudantes que reproduzam a translação da Terra em torno do Sol. Para isso, um deles deve ficar parado, representando o Sol, enquanto o outro se movimenta em círculos ao redor dele. As estrelas e constelações serão simbolizadas pelas paredes da sala de aula. Assim, enquanto o estudante que representa a Terra completa a sua órbita, pergunte, em pontos diferentes, qual parede é observada durante a noite. Deve ficar evidente que cada parede será visível à noite em uma época do ano diferente, e, portanto, que diferentes constelações marcam cada estação do ano. Se quiser recordar a discussão sobre o formato da Terra, assunto abordado em anos anteriores, destaque que esse fenômeno é resultado do formato e do movimento da Terra e não pode ser exemplificado em um modelo de terra plana, por exemplo.

Observe ainda que as constelações são visíveis na mesma época do ano em países dos dois hemisférios, mas as estações do ano são invertidas. Dessa forma, Órion, por exemplo, surge no céu no início da noite em dezembro em todos os países, mas é uma constelação de verão para países do hemisfério sul e de inverno para o hemisfério norte. Além disso, devido à forma esférica da Terra, os dois hemisférios veem a mesma constelação invertida verticalmente. Órion, por exemplo, é representada por um caçador em pé no hemisfério norte, mas é vista de cabeça para baixo aqui no hemisfério sul.

Orientações didáticas

Ao continuar a abordagem do tema, relembre os estudantes de que o Sol nasce no horizonte leste e se põe no horizonte oeste e que o ponto exato em que ele nasce e se põe não é sempre o mesmo. Esse assunto já foi trabalhado em anos anteriores.

Por meio da observação desse fato ao longo dos anos, povos antigos construíram monumentos observatórios com alinhamentos que permitem identificar as datas dos solstícios (que marcam o início do verão e do inverno) e dos equinócios (que marcam o início da primavera e do outono).

Além das pirâmides maias citadas no texto, um exemplo interessante de observatório astronômico antigo é a tumba de Newgrange, na Irlanda, construída por volta de 3 200 a.C. Essa tumba foi construída com pedras e é inteiramente fechada, exceto por uma única abertura voltada para o horizonte leste. No inverno, durante duas semanas, os raios solares entram pela abertura e iluminam um corredor. Apenas no dia do solstício de inverno a luz solar incide sobre a câmara no fundo do corredor, iluminando-a por 12 minutos.

No Egito antigo, a observação do movimento aparente dos astros no céu também ajudava a acompanhar as passagens dos dias no calendário. A civilização egípcia evoluiu em torno do rio Nilo, que possui épocas de grandes cheias. Para prever quando isso iria acontecer, esses povos observavam o céu pouco antes de o Sol nascer. Quando a estrela Sirius aparecia no horizonte leste (fenômeno conhecido como amanhecer helíaco), indicava que as cheias do rio estavam próximas.

Outro ponto interessante que pode ser explorado são as manifestações culturais, como festas e celebrações, relacionadas às datas em que ocorrem os solstícios e os equinócios. Na atividade complementar a seguir, sugerimos uma pesquisa para identificar essas festas tradicionais.

Hoje estamos acostumados a essa maneira de medir o tempo e as estações do ano. Vamos conhecer como outras civilizações utilizaram os movimentos do Sol, da Terra e da Lua para medir o tempo.

Na cidade pré-colombiana de Chichén Itzá, construída pela civilização maia e localizada no México, encontra-se a Pirâmide de Kukulcán, um monumento que foi construído como uma espécie de calendário. Estima-se que sua construção tenha começado no século VI.

Besides the Obvious/Shutterstock

Pirâmide de Kukulcán, também conhecida como Castelo de Kukulcán, Chichén Itzá, México, 2021. Essa construção é uma das mais altas da arquitetura maia: apresenta quatro lados e um templo retangular no topo.

Esse monumento é um templo em homenagem ao deus Kukulcán. É composto de quatro faces com muitas referências à visão de mundo maia, que tinha conhecimentos avançados de Geometria, Arquitetura e Astronomia. Por exemplo, as escadarias centrais de cada face da pirâmide somam 364 degraus associados aos dias do calendário solar maia, que totalizam 13 ciclos da Lua com 28 dias cada um deles. A esses dias era acrescido o "Dia fora do tempo" – a véspera do Ano-Novo –, completando os 365 dias do ano maia.

No dia mais longo do ano, o solstício de verão, o sol nasce alinhado com um dos vértices da pirâmide, quando ilumina exatamente a metade diagonal do templo. No dia mais curto do ano, o solstício de inverno, o sol se põe alinhado com o vértice oposto. Com isso, o sol ilumina exatamente a metade oposta da pirâmide ao entardecer. As escadarias também estão alinhadas com pontos cardeais, conforme se vê na imagem a seguir.

Reprodução do Livro do Estudante em tamanho reduzido.

#Atividade complementar

Festas e celebrações das datas dos solstícios e equinócios

Sugerimos uma atividade complementar de pesquisa para identificar festas e celebrações que ocorrem nas datas dos solstícios e equinócios.

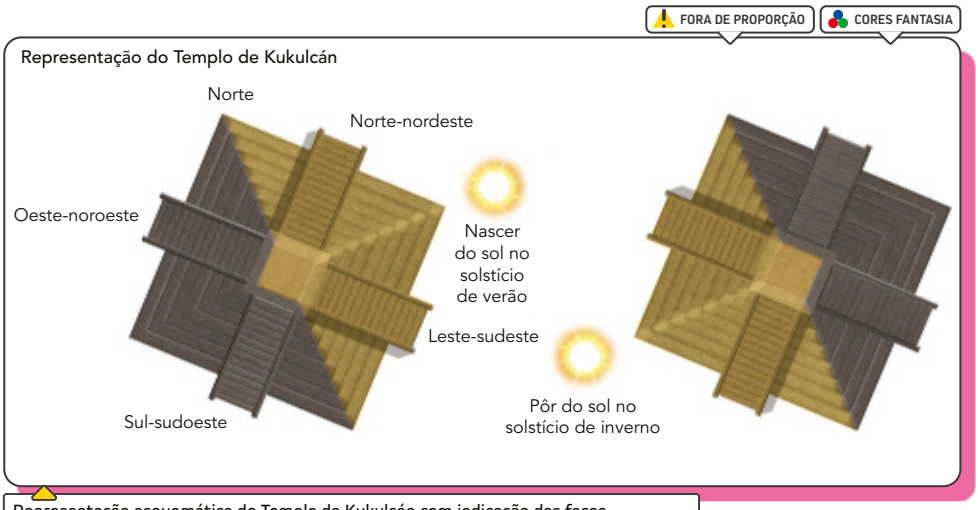
Essa atividade pode ser realizada com os professores de História e Sociologia.

Sugerimos que organize a turma em grupos e peça a cada grupo que escolha um desses eventos para pesquisar.

Solicite aos estudantes que respondam às seguintes questões sobre o evento pesquisado:

- O evento (festa ou celebração) ocorre em qual data?
- Qual é a relação do evento com o solstício ou o equinócio?
- Vocês sabiam que essa festa tinha relação com esse fenômeno astronômico?

Os estudantes podem responder a essas perguntas na forma de um cartaz ou *slide*, com ilustrações ou imagens do festejo escolhido. Como fonte de pesquisa inicial, pode-se indicar o texto "Entre Solstícios e Equinócios" do *blog* da Universidade Federal de Minas Gerais (UFMG). Disponível em: https://www.ufmg.br/espacodoconhecimento/solsticios-e-equinocios/. Acesso em: 15 maio 2022.



Representação esquemática do Templo de Kukulcán com indicação das faces iluminadas no nascer do sol no solstício de verão e no pôr do sol no solstício de inverno.

Elaborado com base em: GARCÍA, I. A. M. Astronomía, Geometría y Arquitectura en Chichén Itzá. *Revista Inclusiones*, v. 1, n. 2, p. 14, abr./jun. 2014.

Há, ainda, outros fatos impressionantes nessa pirâmide maia, como os 52 painéis esculpidos em cada uma das quatro faces, referindo-se a ciclos temporais. Os maias compreendiam o tempo de maneira cíclica. Isso porque o calendário solar não era o único calendário maia, havia diversos outros, por exemplo, o calendário sagrado, de 260 dias. A cada ciclo de 52 anos do calendário solar, os dias voltavam a coincidir com os do calendário sagrado.

Outras demonstrações do conhecimento e das habilidades maias relacionadas ao tempo e à posição dos astros podem ser observadas no monumento de Chichén Itzá. Na base da escadaria central há esculturas de duas cabeças de serpente – referência a Kukulcán, a divindade da serpente emplumada que dá nome ao monumento.

Ao entardecer dos equinócios – quando ambos os hemisférios terrestres são igualmente iluminados – sombras com ondulações são projetadas na escadaria central, finalizando na cabeça da serpente, formando uma imagem que lembra o corpo de uma serpente descendo do templo.

Mesmo 1500 anos depois, a construção e os conhecimentos maias continuam impressionantes. Seus calendários, contudo, são ainda mais antigos, provavelmente de cerca de 550 a.C. Mas os calendários mais antigos de que se tem conhecimento são anteriores. Leia um trecho da matéria a seguir.

Perfil da pirâmide de Kukulcán, Chichén Itzá, México, 2021.

Reprodução do Livro do Estudante em tamanho reduzido.

Orientações didáticas

Nesse momento, pode-se aproveitar para incentivar uma discussão sobre a importância desses monumentos e dessas técnicas ao longo da história. Eles devem perceber sem dificuldades que saber a época do ano é importante para identificar as épocas de plantio, de colheita, de chuva, etc. Note que esses conhecimentos foram acumulados ao longo de gerações no passado.

#Para saber

O céu que nos envolve

No capítulo 1 do livro *O céu que nos envolve*, organizado pelo professor Enos Picazzio, é apresentada uma visão dos primórdios da Astronomia até a construção dos grandes monumentos observatórios.

Disponível em: http://www.astro.iag.usp.br/~damineli/aga105/livroprof.pdf.

Registro do nascer do Sol em solstícios e equinócios consecutivos

O texto apresenta um registro fotográfico do nascer e do pôr do Sol nos solstícios e equinócios. Indica também um simulador que pode ajudar na compreensão do fenômeno.

Disponível em: https://fisicanaveia.blogosfera.uol.com.br/2018/03/23/registro-do-nascer-do-sol-em-solsticios-e-equinocios-consecutivos/.

Knowth.com

Site oficial do centro de visitação de Newgrange, no qual é possível encontrar muitas informações sobre o monumento, inclusive fotos de um dia de solstício em que é possível ver o corredor do monumento iluminado.

Disponível em: https://knowth.com/newgrange.htm. Acesso em: 21 maio 2022.

Orientações didáticas

#Para interpretar

A observação tanto do Sol quanto dos astros noturnos ajuda na marcação do tempo. Nos casos comentados anteriormente, a marcação do tempo foi abordada por meio da posição do nascer ou do pôr do Sol. Neste boxe, discutem-se os calendários baseados na Lua.

Existem muitos calendários lunares, alguns utilizados até hoje. Um exemplo é o calendário islâmico, composto de 12 meses de 29 ou 30 dias. Cada mês inicia com a primeira lua crescente visível após o pôr do Sol, e tem a duração do ciclo completo das fases da Lua. O ano islâmico tem 354 ou 355 dias, de forma que o início de cada ano não coincide com o calendário solar.

Os calendários mais conhecidos são os lunissolares, que seguem o ciclo da Lua e do Sol, como o calendário chinês e o judaico. Outro exemplo é a determinação da festa cristã da Páscoa. Essa data é móvel a cada ano e é determinada como o primeiro domingo de lua cheia após o equinócio de primavera no hemisfério norte (equinócio de outono no hemisfério sul).

Todos esses exemplos podem ser usados para complementar o texto na discussão do assunto com os estudantes. Para abordá-los, pode-se questionar se alguém conhece os calendários islâmico, chinês e judaico ou sabe como é determinada a data da Páscoa. Com base nas respostas dos estudantes, sugerimos apresentar essas informações.

#Para interpretar

Calendário mais antigo já descoberto é encontrado na Escócia

Monumento capaz de medir as fases da Lua e os meses têm 10 mil anos

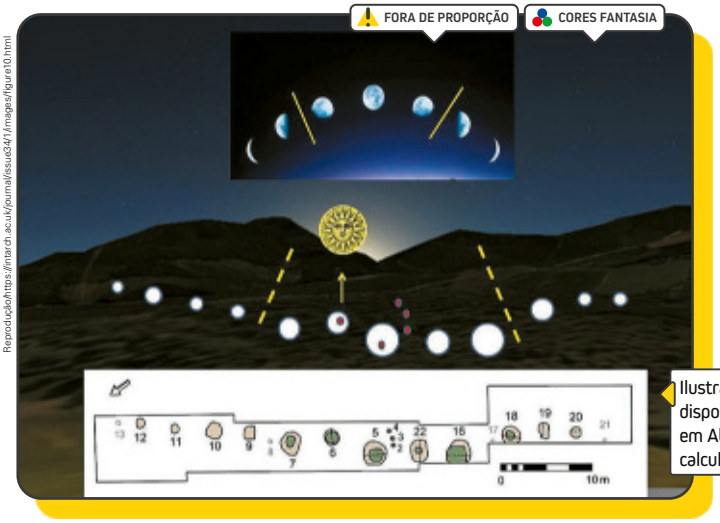
Arqueólogos britânicos descobriram o que acreditam ser o 'calendário' mais antigo de que se tem notícia no mundo, com pelo menos dez mil anos de existência, na região de Aberdeen, na Escócia. O monumento do período mesolítico capaz de medir as fases da lua e os meses do ano, encontrado em escavações realizadas em 2004, está sendo trazido a público, pela primeira vez, em artigo publicado hoje na revista 'Internet Archaeology' pela equipe de especialistas liderada pela Universidade de Birmingham.

As investigações abrem caminho para novos estudos sobre o desenvolvimento da Humanidade e a concepção de tempo na História a partir deste dispositivo **lunissolar** construído por sociedades de caçadores-coletores, até então consideradas mais atrasadas do que a dos agricultores, por exemplo.

– Não pode haver história sem tempo. Não se pode começar a escrever a história sem tempo. E esse é um passo importante para a construção do tempo e, consequentemente, da própria história. Não há nada igual na Europa, nem no resto do mundo – disse ao GLOBO o pesquisador-chefe, o professor de arqueologia de paisagem da Universidade de Birmingham, Vince Gaffney.

Segundo o professor, as evidências sugerem que essas sociedades tinham a necessidade e a sofisticação de medir o tempo através dos anos, de corrigir as diferenças sazonais do ano lunar. E isso aconteceu cinco mil anos antes dos primeiros calendários formais conhecidos pelo homem, encontrados na antiga Mesopotâmia.

Lunissolar: que diz respeito à Lua e ao Sol. Nesse caso, refere-se a um calendário que combina as revoluções da Lua em torno da Terra e da Terra em torno do Sol para a medição do tempo.



Reprodução/https://intarch.ac.uk/journal/issue34/1/images/figure10.html

Ilustração mostra como a disposição das rochas encontradas em Aberdeen era usada para calcular as fases da Lua.

Reprodução do Livro do Estudante em tamanho reduzido.

#Para ler

Data da Páscoa

A páscoa judaica (*Pesach*), que ocorre 163 dias antes do início do ano judaico, foi instituída na época de Moisés, uma festa comemorativa feita a Deus em agradecimento à libertação do povo de Israel escravizado pelo Faraó, o rei do Egito. Esta data não é a mesma da Páscoa Juliana e Gregoriana.

O dia da Páscoa cristã, que marca a ressurreição de Cristo, de acordo com o decreto do papa Gregório XIII (Ugo Boncampagni, 1502-1585), Inter Gravissimas em 24.02.1582, seguindo o primeiro concílio de Niceia de 325 d.C., convocado pelo imperador romano Constantino, é o primeiro domingo depois da Lua Cheia que ocorre em ou logo após 21 de março, data fixada para o equinócio de primavera no hemisfério norte. Entretanto, a data da Lua Cheia não é a real, mas a definida nas Tabelas Eclesiásticas, que, sem levar totalmente em conta o movimento complexo da Lua, podia ser calculada facilmente, e está próxima da lua real.

De acordo com essas regras, a Páscoa nunca acontece antes de 22 de março nem depois de 25 de abril. A Quarta-Feira de Cinzas ocorre 46 dias antes da Páscoa e, portanto, a Terça-Feira de carnaval ocorre 47 dias antes da Páscoa. [...]

OLIVEIRA, K. S. *Data da Páscoa*. Instituto de Física da UFRGS, 22 fev. 2016. Disponível em: http://astro.if.ufrgs.br/pascoa.htm. Acesso em: 24 maio 2022.

Não chega a ser uma surpresa que as pessoas se baseassem na lua para fazer seus calendários. Isso porque ela é o único corpo celeste que se presta a esse papel. Muitas sociedades antigas chegaram a monitorar as várias fases da lua, mas não tinham necessariamente calendários. [...]

Gaffney conta que os pesquisadores encontraram um conjunto de 12 pedras bastante peculiares de tamanhos diferentes, que parecem as fases da lua, no campo de Warren. [...]

As pedras não estavam dispostas de maneira arbitrária, mas arrumadas por tamanhos, desde as menores às maiores, voltando às menores novamente. E estavam orientadas em direção ao lugar onde o sol nascia, de uma passagem entre duas montanhas.

– Você tem um grupo de pessoas que, pela primeira vez, com base na observação astronômica, começa a entender o tempo, a pensar o que vai acontecer no futuro e não mais no passado. Não é que não pensassem que tinham um futuro antes. O que não tinham era a ideia de uma unidade tempo a partir da qual poderiam pensar ou registrar o que acontecia – explica Gaffney.

Outra grande revelação associada à descoberta, segundo o cientista de Birmingham, está no fato de se verificar que os caçadores e coletores, diferentemente do que se imaginava, tinham a capacidade de planejar as suas atividades. Como dependiam de recursos naturais para sobreviver, eles provavelmente passaram a saber os períodos em que se abriam as rotas no rio, ou quando os peixes seriam mais abundantes. Não se descarta a possibilidade de essa sociedade, justamente pela capacidade de planejamento, ter se tornado mais longeva do que as que a precederam.

Além disso, por razões sociais, há períodos em que é necessário estocar uma grande quantidade de comida para permitir reuniões sociais, reprodução ou outras atividades.

Para Christopher Gaffney, da Universidade de Bradford, saber que os recursos naturais estavam disponíveis durante diferentes períodos do ano era crucial para a sobrevivência.

– Essas comunidades precisavam caçar animais que migravam e as consequências de perder o período certo eram a fome. Por isso, essas perspectivas, nossa interpretação do sítio como um calendário faz todo o sentido – disse o especialista de Bradford.

[...]

OSWALD, V. Calendário mais antigo já descoberto é encontrado na Escócia. *O Globo*, [*s. l.*], 15 jul. 2013.

1 **Qual é a relação entre história e medição do tempo feita pelo pesquisador Vince Gaffney?**

2 **Analise o seguinte trecho da matéria: "Não chega a ser uma surpresa que as pessoas se baseassem na lua para fazer seus calendários. Isso porque ela é o único corpo celeste que se presta a esse papel". Com base nos estudos deste capítulo, avalie cientificamente essa afirmação e explique como é possível elaborarmos calendários a partir de outros corpos celestes, além da Lua.**

3 **A marcação do tempo com base nos astros também podia influenciar a agricultura, a caça e a pesca? Explique.**

1, **2** e **3**. Consulte as Orientações didáticas.

Reprodução do Livro do Estudante em tamanho reduzido.

Orientações didáticas

#Para interpretar

As atividades deste boxe oferecem aos estudantes a oportunidade de desenvolver as habilidades de leitura, uma vez que demandam processos de compreensão e inferência de textos. Após a leitura do texto, peça aos estudantes que respondam às atividades no caderno e, depois, disponibilize um período para discutir a leitura e as respostas.

1. A história permite entender o tempo com passado, presente e futuro e fazer medições de tempo no passado ou no futuro, assim como planejar atividades. Medir o tempo é essencial para que se possa registrar a história.

2. Os maias, por exemplo, utilizavam um calendário solar com ciclo de 52 anos. A medição era feita por meio da interação da luminosidade do Sol com a pirâmide de Kukulcán. Mesmo o nosso calendário oficial gregoriano é baseado no ciclo do Sol. A rigor, qualquer astro pode ser utilizado para medir a passagem do tempo, embora alguns com menor precisão. Mesmo estrelas e constelações, que a cada noite aparecem em uma posição levemente diferente em relação à noite anterior, podem ser usadas para marcar a passagem do ano.

3. Sim, pois era possível registrar – por meio de narrativas mitológicas, por exemplo – a época de migração de animais, a época da reprodução dos peixes ou a época do clima mais adequado para plantações. Também no caso de povos nômades, a marcação do tempo poderia indicar a necessidade de se deslocarem para locais mais quentes quando o inverno estivesse se aproximando, por exemplo. Ao requerer argumentação, a atividade contribui para o desenvolvimento da competência geral 7 e competência específica 5 de Ciências da Natureza.

#Para saber

Calendário chinês

Nesse *site*, você encontra uma explicação sobre o calendário chinês, um antigo calendário lunissolar.
Disponível em: https://www.calendarr.com/brasil/calendario-chines/.

Calendários e comemorações de Ano-Novo ao redor do mundo

Nessa reportagem, você encontra uma explicação breve sobre os calendários chinês, judaico, islâmico e budista.
Disponível em: http://multirio.rio.rj.gov.br/index.php/leia/reportagens-artigos/reportagens/15399-calend%C3%A1rios-e-comemora%C3%A7%C3%B5es-de-ano-novo-ao-redor-do-mundo.
Acesso em: 21 maio 2022.

Orientações didáticas

O estudo da influência da Lua nos fenômenos naturais pode despertar o interesse e a curiosidade dos estudantes. Como na discussão inicial do capítulo, eles podem ter comentado a influência de determinada fase da Lua para o plantio, para a colheita ou até mesmo para o nascimento de bebês e para cortar os cabelos. Sugerimos que inicie essa discussão perguntando a eles sobre a influência da Lua em situações como essas.

Nesse momento, após analisarem a forma de marcar a passagem do tempo por meio da observação dos astros, espera-se que os estudantes não apresentem dificuldade em entender que os corpos celestes não determinam todos os fenômenos naturais, mas ajudam a perceber a sua periodicidade, no caso de fenômenos periódicos. Assim, no geral, os fenômenos citados não são influenciados pela Lua. Existe, na verdade, uma coincidência na periodicidade das fases da Lua e do fenômeno observado. No caso da influência da Lua no nascimento de bebês e no crescimento dos cabelos, não é observada nenhuma relação científica. Para esclarecer esses pontos, sugerimos a leitura do artigo do professor Fernando Lang, indicado no boxe *#Para saber +*.

Observe, porém, que a Lua influencia no fenômeno das marés, uma vez que sua gravidade é capaz de afetar o nível dos mares.

#Para refletir

1. Uma possível hipótese que pode ser levantada é que há certa periodicidade na movimentação de determinadas espécies de peixes que coincide com as fases da Lua. Para testar essa hipótese, pode-se registrar a quantidade de peixes de uma espécie pescados pelo mesmo grupo de pescadores em datas aleatórias diferentes e então comparar essas quantidades com as fases da Lua. Compreender a dinâmica de investigação da ciência promove o desenvolvimento da competência geral 2 e competência específica 2 de Ciências da Natureza.

Agricultura, caça e pesca

O movimento de translação da Terra e a inclinação de seu eixo fazem com que o Sol ilumine regiões do planeta de maneira diferente ao longo do ano. Durante esse ciclo, dependendo da estação, temos uma variação no tempo de luminosidade: dias mais longos no verão e mais curtos no inverno. A temperatura e a umidade do ar e do solo também variam. Essas mudanças podem influenciar o cultivo na agricultura e os hábitos dos animais, afetando a caça e a pesca.

Vamos analisar alguns exemplos de como a observação dos astros contribuíram para as práticas da agricultura, da caça e da pesca.

Os egípcios observavam os astros para planejar as épocas de plantio e de colheita. A marcação das estações do ano no Egito antigo estava relacionada com as condições ambientais do rio Nilo. Quando a estrela Sirius (que no Egito antigo era chamada Seped) aparecia antes do amanhecer, indicava o começo da época de cheia do rio; portanto, o período de colheita devia ser encerrado.

Outro exemplo vem dos pescadores da comunidade quilombola de Mangueiras, no município de Salvaterra (PA). A prática de pesca e de sociabilidade deles foi investigada pelos pesquisadores brasileiros Anael Souza Nascimento (1994-) e Flávio Bezerra Barros (1974-).

Eles descobriram que as fases da Lua orientam os pescadores, uma vez que eles sabem em quais fases há facilidade de encontrar grandes quantidades de determinados peixes. Por exemplo, o tipo de peixe chamado filhote é pescado com mais facilidade na lua nova, conforme conhecimento popular.

H. E. Bond/e. Nelan/m. Barstow/m. Burleigh/i. B. Holberg/nasa/esa/stsci/ SPL/Fotoarena

Imagem do Telescópio Espacial Hubble da estrela Sirius, localizada na constelação de Cão Maior. Essa é a estrela mais brilhante do céu noturno e está localizada a 8,6 anos-luz da Terra. Imagem publicada em dezembro de 2005.

Cadu De Castro/Pulsar Imagens

Pescadores no rio Tocantins, da comunidade de Mangabeira, em Mocajuba (PA), em 2020. Os pescadores da comunidade de Mocajuba também fazem uso de conhecimento popular nas pescarias.

#Para refletir

NÃO ESCREVA NO LIVRO

1 Por que as fases da Lua poderiam influenciar na pesca? Elabore hipóteses para responder a essa pergunta e proponha como sua hipótese poderia ser testada.

1. Resposta pessoal. Consulte as Orientações didáticas.

Reprodução do Livro do Estudante em tamanho reduzido.

#Para saber

Efeito de maré – a Lua e o Sol puxando a água da Terra

O vídeo, com cerca de 3 minutos de duração, mostra, por meio de animações, o efeito da Lua sobre as marés da Terra. Disponível em: https://www.youtube.com/watch?v=sH4DiW2wRds.

Marés, fases principais da Lua e bebês

No artigo, o professor Fernando Lang, da Universidade Federal do Rio Grande do Sul (UFRGS), analisa a influência que a Lua exerce sobre os fenômenos naturais, segundo a ciência e a crença popular.

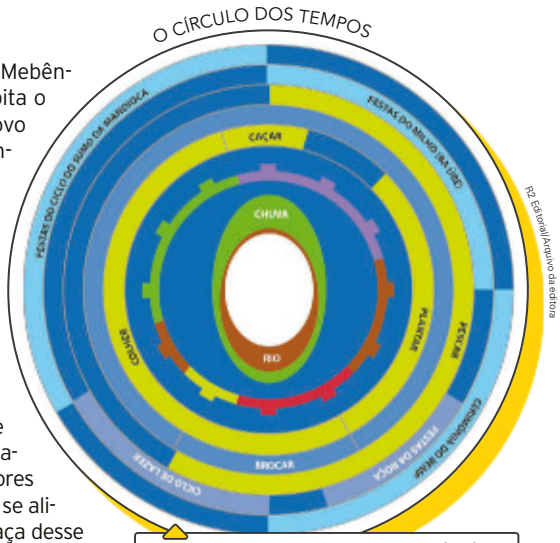
Disponível em: https://www.if.ufrgs.br/~lang/Textos/Fases_da_Lua_bebes.pdf.

Acesso em: 21 maio 2022.

Um terceiro exemplo é o do povo indígena Mebêngôkre (também chamado de Kayapó), que habita o norte de Mato Grosso e o sul do Pará. Esse povo tem uma grande organização do tempo de plantio, colheita, caça e pesca ao longo do ano, dividido entre as estações das chuvas e da seca.

No tempo seco, o conjunto de estrelas conhecidas na tradição europeia como Plêiades (Ngrôt-krure, em Mebêngôkre), que ficam na constelação de Touro, começam a ser observadas no horizonte antes do nascer do sol.

Quando aparecem no alto do céu é porque virá o tempo de chuva, que se estende de novembro a abril. É o período final da atividade de pesca e o início da colheita da melancia, da banana, do milho maduro e da abóbora. Algumas árvores estão dando frutos e o macaco guariba engorda se alimentando deles. Inicia-se, então, o período da caça desse animal, facilmente encontrado no pé das árvores consumindo os frutos caídos.



R2 Editorial/Arquivo da editora

Representação do ciclo anual dos Mebêngôkre.

Elaborado com base em: CAMPOS, M. D. A cosmologia dos Caiapó. *Scientific American Brasil*, São Paulo, v. 14, n. especial (Etnoastronomia), 2006.

Observe a imagem do ciclo anual dos Mebêngôkre. Repare que para a permanência desse ciclo é necessária a manutenção do equilíbrio ambiental. Por exemplo, se o fluxo das águas do rio for afetado em razão de uma barragem para a construção de uma usina hidrelétrica, o período de pesca será modificado. A evaporação e a precipitação de chuva também poderão sofrer variações, assim como a umidade do solo e o crescimento da vegetação ou dos cultivos agrícolas.

Do mesmo modo, a devastação torna as árvores frutíferas mais raras, ou seja, o período de caça, que sucede a época da colheita, pode não mais existir e intensificar a pesca, causando desequilíbrios em todo o ecossistema.

Essa visão integrada dos ciclos da natureza e da vida das pessoas da comunidade indígena é uma das razões de líderes Mebêngôkre, como o cacique Raoni Metuktire (1932-), lutarem tão enfaticamente para a preservação das florestas e dos povos amazônicos.

Francois Lenoir/Reuters/Fotoarena

Da esquerda para a direita, Kailu Yawalapiti, Tapy Yawalapiti, Raoni Metuktire e Bemoro Metuktire, líderes dos povos amazônicos em protesto em Bruxelas, na Bélgica, a favor da proteção climática e da preservação da Amazônia, em 2019.

#Para ler

A construção social do céu

Fazendo uma breve retrospectiva da relação do homem com o céu, [...] vamos nos encontrar com os povos babilônicos da antiga Mesopotâmia, pois são os primeiros responsáveis por grande parte do conhecimento que se tem hoje das constelações clássicas e dos seus respectivos mitos. Tendo herdado seu conhecimento astronômico dos povos sumérios, primeiros habitantes daquela região, dos quais são descendentes. Esta civilização, a dos sumérios, remonta um período entre 4000 e 3000 anos a.C. (RONAN, 1997), destacando-se pelo alto grau de organização sociopolítico-econômica.

A relação do homem com o céu ocorreu, e ocorre, por vários motivos. Há por um lado todo o encanto e mistérios, próprio de tudo que é grandioso, instigando a contemplação celeste; e por outro, existe a necessidade de orientação, que para os povos antigos era fundamental à sobrevivência dos mesmos, visto não disporem de outros meios de localização no espaço e tempo, que não fossem as estrelas.

Pode-se afirmar que tal relação foi, inicialmente, reforçada com a sedentarização dos povos. Há cerca de 8000 anos, o homem era caçador, mas começava a desenvolver uma agricultura rudimentar. Dependia, então, dos fenômenos sazonais para a prática da caça, devido à migração dos animais e às chuvas para a agricultura. Devido a esta necessidade, percebeu-se que o aspecto do céu era sempre o mesmo para cada estação do ano, surgindo, então, a ideia de relacioná-lo com acontecimentos do dia a dia (VIEIRA, 1996). [...]

A orientação foi outra necessidade que motivou o estudo do céu, pois o homem deixará de ser nômade, tinha agora um lugar fixo para onde retornava após o período de caça. Utilizando as estrelas como guia, ele podia se afastar de seu lar na certeza de reencontrá-lo. Nesse momento, surge outra ideia, a de reunir as estrelas em grupos para facilitar o seu reconhecimento, dando origem, assim, às constelações.

FARES, E. A. *et al. Etnoastronomia*. Planetário UFSC. Disponível em: https://planetario.ufsc.br/etnoastronomia/. Acesso em: 21 maio 2022.

Reprodução do Livro do Estudante em tamanho reduzido.

Orientações didáticas

Para continuar a explanação sobre calendários de diferentes culturas, que se baseiam na observação dos fenômenos cíclicos da natureza e das mudanças sazonais do céu, peça aos estudantes que observem atentamente o círculo dos tempos e comparem-no com o calendário que utilizam no cotidiano. Para reforçar a relação entre a observação do céu e dos fenômenos naturais, apresentamos a seguir um texto que pode ser trabalhado com os estudantes em sala de aula.

Esse conteúdo está relacionado ao Tema Contemporâneo Transversal Educação para valorização do multiculturalismo nas matrizes históricas e culturais brasileiras.

Orientações didáticas

Até aqui, tratamos da Astronomia como ferramenta para marcação do tempo ou para localização geográfica. No entanto, o aspecto mítico-religioso da observação do céu é de grande importância e, aliado ao conhecimento científico, contribui para o desenvolvimento da competência geral 1. Para auxiliar na apresentação da proposta desta página, sugerimos uma atividade em grupos.

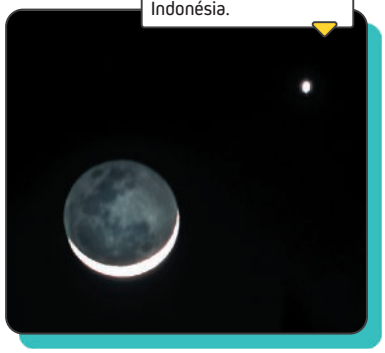
Outra possibilidade de abordagem inicial do tema é identificar qual é a etnia indígena presente na região da escola ou próxima a ela. Indicamos no boxe *#Para saber* + um mapa do Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE) que pode ajudar nessa tarefa. Em seguida, pode-se buscar mais detalhes da cultura e dos mitos dessa etnia.

Também sugerimos destacar a diferença entre mito e ciência e a importância do respeito e da valorização dos mitos de cada cultura, porém, sem descartar o conhecimento científico.

Mitos

Até agora, vimos que é possível utilizar os astros para a orientação espacial e para a marcação do tempo, e entendemos a influência deles na agricultura, na caça e na pesca.

Além disso, ao observarmos o firmamento, podemos criar narrativas acerca do que observamos. Essas histórias não necessariamente precisam ter um caráter prático. O motivo pode ser simbólico, como explicar origens, enaltecer comportamentos, transmitir valores e crenças de uma cultura. Algumas dessas narrativas são chamadas de **mitos**.



MYKAEL EFRAIN/Shutterstock

Depois da Lua e do Sol, Vênus é o astro mais brilhante do céu. Fotografia de 13 de dezembro de 2020, em Papua Ocidental, Indonésia.

O planeta Vênus, por exemplo, é frequentemente observado próximo a Lua ao amanhecer (a leste da Lua) ou ao entardecer (a oeste da Lua) – ora quando a parte visível da Lua está crescendo, ora quando está diminuindo.

Como Vênus apresenta, para um observador na Terra, seu brilho máximo um pouco antes do nascer do sol ou um pouco depois do pôr do sol, por vezes é chamado de estrela da manhã/matutina ou estrela da tarde/vespertina.

Observe novamente a obra de Van Gogh no tópico **#Leituras do céu**. Note que Vênus está representado no céu como o ponto mais brilhante depois da Lua. Seu brilho é mais branco em comparação com a Lua e os outros astros representados pelo pintor holandês.

O planeta Vênus também foi observado pelos bantos, povos que habitam a África subsaariana. Segundo a mitologia desses povos, a Lua tem duas esposas que aparecem alternadamente no céu. Essas esposas são o segundo astro mais brilhante do céu noturno, isto é, são o planeta Vênus, que ora está visível antes do amanhecer, ora após o entardecer, aparecendo em lados opostos da Lua.

Para os bantos, o astro brilhante que surge antes do amanhecer é a esposa Puikanie. Ela não alimenta direito o marido, que vai ficando cada vez mais magro até desaparecer. Representa a passagem da lua cheia para a lua nova, em que a face visível da Lua vai diminuindo de tamanho.

Ao entardecer, quando a Lua ganha a companhia de Vênus, a mitologia banta nomeia o planeta de Chekechanie. Segundo a mitologia, essa é a esposa que alimenta o marido até ele engordar e ficar completamente redondo. Representa a passagem da lua nova para a lua cheia, em que a face visível da Lua vai aumentando de tamanho. O ciclo, então, recomeça.

Peter Hermes Furian/Alamy/Fotoarena

Representação das fases da Lua, vistas do hemisfério norte e do hemisfério sul. A Lua é um corpo celeste que fascina a humanidade. Há vários mitos a respeito desse astro.

Reprodução do Livro do Estudante em tamanho reduzido.

#Para ler

Mitos, ciência e religiosidade

É possível ser uma pessoa espiritualizada e cética

Começo hoje com a definição de mito dada por Joseph Campbell, uma das grandes autoridades mundiais em mitologia: "Mito é algo que nunca existiu, mas que existe sempre". Sabemos que mitos são narrativas criadas para explicar algo, para justificar alguma coisa. Na prática, não importa se o mito é verdadeiro ou falso; o que importa é sua eficiência. [...]

A fé num determinado mito reflete a paixão com que a pessoa se apega a ele. No Rio, quem acredita em Nossa Senhora de Fátima sobe ajoelhado centenas de degraus em direção à igreja da santa e chega ao topo com os joelhos sangrando, mas com um sorriso estampado no rosto. As peregrinações religiosas movimentam bilhões de pessoas por todo o mundo. É tolo desprezar essa força com o sarcasmo do cético. [...]

A ciência caminha por meio do acúmulo de observações e provas concretas, replicáveis por grupos diferentes. A experiência religiosa é individual e subjetiva, mesmo que, às vezes, seja induzida em rituais públicos. [...] Apesar de o natural e o sobrenatural serem irreconciliáveis, é possível ser uma pessoa espiritualizada e cética.

Einstein dizia que a busca pelo conhecimento científico é, em essência, religiosa. Essa religião é bem diferente da dos ortodoxos, mas nos remete ao mesmo lugar, o cosmo de onde viemos, seja lá qual o nome que lhe damos.

GLEISER, M. Mitos, ciência e religiosidade. *Folha de S.Paulo*, 11 abr. 2010. Disponível em: https://www1.folha.uol.com.br/fsp/ciencia/fe1104201005.htm. Acesso em: 21 maio 2022.

Um mito muito semelhante ao da cultura banta foi coletado pelo etnólogo alemão Theodor Koch-Grünberg (1872-1924), junto ao povo Taurepang, que habita a região do estado de Roraima, há cerca de 100 anos. Para os Taurepang, a Lua – chamada de Kapei – tem duas esposas, ambas chamadas Kaiuanog. Kapei está sempre com uma delas, nunca com as duas. Uma lhe dá pouca comida, de forma que vai emagrecendo cada vez mais, e outra lhe dá muito alimento, engordando-o.

Para os antropólogos e etnoastrônomos, essa é uma evidência de como os mitos podem ser transmitidos entre culturas diferentes. No caso, o mito do povo banto relacionado ao conhecimento astronômico se combinou com os mitos e conhecimentos dos povos nativos, dando origem a novas formas partilhadas de saber. Os bantos foram trazidos para o Brasil e escravizados. Observe o mapa.

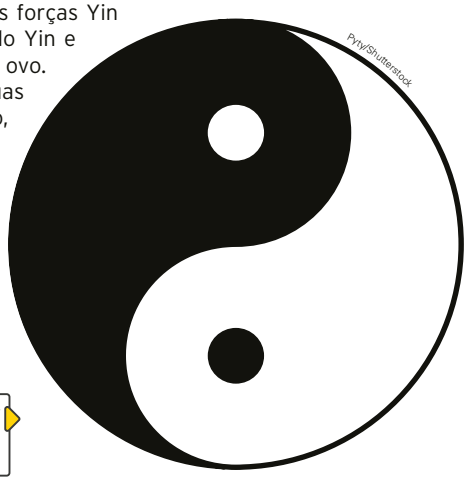
África: porção centro-sul (2018)

Elaborado com base em: IBGE: *Atlas geográfico escolar*. Rio de Janeiro: IBGE, 2018.

Nos séculos passados, muitos bantos foram escravizados e trazidos para o Brasil. A maioria dessas pessoas viviam em áreas que, atualmente, correspondem a partes dos territórios de Moçambique, Congo e Angola (em destaque). O mapa representa a divisão política atual da porção centro-sul do continente africano.

Outros mitos podem se referir a astros do céu, mas não necessariamente se relacionarem com observações ao longo do ano. Por exemplo, na China antiga, um mito sobre a criação do Universo é o da divindade Pan Ku.

De acordo com esse mito, por milhares de anos, só existiram a escuridão e o caos, em uma luta constante entre as forças Yin e Yang. Girando, o caos formou um ovo e, quando Yin e Yang finalmente se uniram, Pan Ku nasceu do ovo. Contorcendo-se, a divindade rompeu o ovo em duas metades, separando Yin e Yang. Yin, mais pesado, desceu e fundou a Terra. Yang, mais leve, subiu e formou o céu. Pan Ku, então, posicionou-se entre eles, usando os braços e as pernas, para afastar a Terra do céu. Ao morrer, já tendo conseguido afastar definitivamente a Terra do céu, seu sangue se transformou em rios, seu suor virou a chuva, sua pele virou as plantas, e as árvores e seu cabelo e barba viraram as constelações.



Tei-gi, símbolo mais conhecido para representar o conceito chinês de Yin-Yang, também usado pela tradição religiosa e filosófica do taoismo.

Reprodução do Livro do Estudante em tamanho reduzido.

#Para saber

Mapa da população indígena no Brasil
Esse mapa interativo permite identificar e localizar as populações indígenas no Brasil mapeadas pelo IBGE.
Disponível em: https://indigenas.ibge.gov.br/mapas-indigenas-2.

Webconferência – Etnoastronomia
Nessa webconferência, com cerca de 2 horas de duração e organizada pela Sociedade Brasileira de Física, o professor Walmir Thomazi Cardoso apresenta uma série de informações sobre a astronomia dos povos indígenas do Brasil.
Disponível em: https://www.youtube.com/watch?v=Dr-xTSI3gAE.

Educação Matemática em contextos interculturais: uma interpretação lógico-matemática para a dualidade Kaingang Kamé-Kairu
Esse artigo relata uma pesquisa feita com indígenas da etnia Kaingang sobre o ensino da Matemática.
Disponível em: https://www.scielo.br/j/ciedu/a/fQzrfrDCsgfYbt87GQ48vGC/abstract/?lang=pt.
Acesso em: 21 maio 2022.

Orientações didáticas

Se julgar conveniente, sugerimos a seguir uma *#Atividade complementar* que pode ser proposta aos estudantes, com base nos exemplos de mitos destacados no tópico que estamos estudando.

#Atividade complementar

Astronomia e a mitologia
A atividade tem como objetivo trabalhar os mitos da Antiguidade e sua relação com a observação do céu. Para isso, organize a turma em grupos. Em seguida, sorteie para cada grupo um dos mitos apresentados no texto da página. Os estudantes deverão realizar uma pesquisa mais aprofundada sobre o mito pelo qual ficaram responsáveis. Após a pesquisa, cada grupo deverá produzir uma apresentação para os colegas. Essa apresentação pode ser na forma de um cartaz, *slides*, desenho, entre outros. Oriente e incentive-os a explorar recursos diferentes.
Os estudantes podem também produzir um vídeo relatando a pesquisa. Os trabalhos podem ser apresentados apenas para a turma ou compor uma feira cultural na escola. Essa atividade pode ser elaborada em parceria com os professores de Ciências Humanas, visando aprofundar os conhecimentos dos estudantes acerca de diversas culturas ao redor do mundo.

Orientações didáticas

Existem muitos mitos baseados na observação do céu, alguns deles buscam explicar a origem do Universo, do ser humano e da natureza. Nesta página, alguns mitos destacam a ideia de dualidade, presente no mito chinês do Yin e Yang. A dualidade se reflete também no mito Kaingang Kamé e Kairu, associados ao Sol e à Lua, respectivamente.

#Para refletir

Este boxe explora as competências gerais 9 e 10.

1. Espera-se que os estudantes percebam que os mitos do céu refletem características e vivências das culturas e dos povos que os observam. Diferentes povos, com diversas culturas, criaram mitos e crenças ao olhar para o mesmo céu. Vários exemplos disso foram apresentados ao longo do texto.

2. O homem mal alimentado, que emagrece a cada noite, representa a Lua em fase minguante, que é vista com a face iluminada menor a cada noite. Já o homem bem alimentado, que engorda a cada noite, representa a Lua crescente, que é vista com a face iluminada maior a cada noite. Esse exemplo mostra uma importante característica dos mitos: tentar explicar e dar sentido aos fenômenos naturais; também reflete os papéis sociais que uma cultura atribui a homens e mulheres. Mesmo que indiretamente, o mito pode passar a impressão de que é dever da esposa alimentar o marido, como se ele não pudesse ou não fosse sua responsabilidade preparar o próprio alimento. Trata-se de um debate social e eticamente complexo, mas que pode ser desenvolvido em um trabalho conjunto com a área de Ciências Humanas, visando combater diferenças que colocam mulheres em papéis sociais de servir a homens. Entendendo o Brasil como uma sociedade ocidentalizada, defendemos que mulheres (ou qualquer outro segmento da população) não devem ser alvo de desigualdades que as diminuam ou prejudiquem. No entanto, dados do IBGE de 2019 mostram que, em 2018, as mulheres dedicaram 10,4 horas semanais de trabalho doméstico a mais do que os homens, indicando que há uma diferença nos papéis sociais ocupados por homens e mulheres. Outro dado é que 60,8% dos homens afirmam preparar alimentos, arrumar a mesa ou lavar a louça, enquanto 95,5% das mulheres o fazem. Tomar consciência da necessidade dessa divisão de trabalho doméstico é um primeiro passo em busca da igualdade de gênero. Assumir a corresponsabilidade pelo trabalho doméstico com as outras pessoas com quem você mora – não como ajuda, mas como obrigação – é um segundo passo. Difundir esse comportamento e intervir, de maneira respeitosa e educada, quando perceber alguma fala ou atitude que menospreze as ações de mulheres também é uma ação importante.

Em outra versão do mito, o giro entrelaçado de Yin e Yang foi gerando explosões. A primeira delas fez com que parte do Yin formasse a Terra e parte do Yang, o céu. Após sucessivas explosões, a última delas gerou um homem e uma mulher, Fu Xi e Nu Kua, respectivamente, embora a porção inferior do corpo deles fosse semelhante a um rabo de serpente. Fu Xi tinha nas mãos um esquadro, representando a Terra. Nu Kua segurava uma bússola, uma referência ao céu. Em outras versões, eles seguravam o Sol e a Lua. Do casamento de ambos, surgiu a humanidade.

Yin e Yang, símbolos da dualidade complementar de tudo que há no Universo – céu e Terra, dia e noite, luz e sombra, Sol e Lua, leve e pesado, e assim por diante –, estão presentes nesses mitos chineses, refletindo uma visão de mundo expressa também pelo taoismo.

Também os Kaingang, povos indígenas que habitam os estados do sul do país e São Paulo, têm mitos de um Universo com caráter dual, composto de duas metades, Kamé e Kairu – divindades irmãs complementares. Em uma das versões do mito, Kairu é uma espécie de imitação desastrada de Kamé. Por exemplo, as criações perfeitas, fortes e perigosas são de Kamé – a onça seria um exemplo –, já as criações imperfeitas, fracas e inacabadas, são de Kairu – como o tamanduá. O Sol é associado a Kamé, a Lua, a Kairu.

Pictures From History/Universal Images Group/Getty Images

Tapete com a representação de Nu Kua e Fu Xi posicionados entre constelações estreladas.

#Para refletir

NÃO ESCREVA NO LIVRO

1. O que você pensa sobre haver mitos com diferentes visões acerca dos astros?
2. Em um dos mitos apresentados, a Lua é identificada como um homem com duas esposas, que ora é bem alimentado por uma delas, ora mal alimentado pela outra. O que eles podem representar?

1. e **2.** Respostas pessoais. Consulte as Orientações didáticas.

#Estude

- **Aprendendo a ler o céu: pequeno guia prático para Astronomia observacional, de Rodolfo Langhi. São Paulo: Livraria da Física, 2016.**

Livro que apresenta orientações de como observar o céu, localizar os astros e construir instrumentos.

- **Stellarium – Mapa de estrelas**

Disponível em: https://play.google.com/store/apps/details?id=com.noctuasoftware.stellarium_free&hl=pt_BR&gl=US.

Aplicativo para celular que simula a observação do céu noturno com estrelas e planetas.

- **Carta celeste**

Disponível em: https://play.google.com/store/apps/details?id=com.escapistgames.starchart.ar.free&hl=pt_BR&gl=US.

Aponte seu celular para o céu e esse aplicativo mostrará as informações do corpo celeste indicado. Ele também calcula a localização atual de todos os planetas e estrelas visíveis, indicando onde eles se encontram no céu noturno.

Acesso em: 20 abr. 2023.

Reprodução do Livro do Estudante em tamanho reduzido.

#Integrando as Ciências

Mito e ciência têm importantes diferenças. Duas características que as diferem são a coerência interna da ciência e o rigor metodológico para a produção do conhecimento científico, no qual está a possibilidade de as Ciências refutarem suas afirmações, isto é, rebaterem, contestarem, rejeitarem aquilo que tomaram como hipótese ou conhecimento cientificamente aceito até então.

As sociedades ocidentais tendem a valorizar muito as Ciências, mas isso não significa que não produzam mitos. Ambos são formas diferentes de expressão humana e podem conviver. Afinal, os mitos continuam disseminando valores, crenças, rituais e comportamentos que compõem a cultura e a formação ético-moral dos indivíduos de uma sociedade. Porém, em algumas situações, ignorar a ciência e agir com base apenas em mitos pode ser prejudicial. Um exemplo é o mito de que um raio não cai duas vezes no mesmo lugar.

Como visto no 8º ano, raios não necessariamente caem. Além disso, objetos altos, metálicos e pontiagudos tendem a ser grandes alvos de raios (por isso, o para-raios tem esse formato). Se um raio, de fato, não caísse duas vezes no mesmo lugar, o para-raios teria que ser trocado de lugar a cada vez que fosse atingido, o que não é necessário.

Por outro lado, ao construir mitos, as pessoas podem se aproveitar de conhecimentos científicos para construir suas narrativas. Pense nos filmes de ficção científica ou de super-heróis, como *Gravidade* (2013), *Interestelar* (2014), *Perdido em Marte* (2015), *Não olhe para cima* (2021), nos filmes da franquia *Star Wars* (1977-2019) ou nos da franquia *Os Vingadores* (2012-2019).

Alguns deles tentam se aproximar dos conhecimentos científicos, como a questão do buraco negro e da passagem do tempo em *Interestelar*, ou a da manutenção da vida fora da Terra em *Perdido em Marte*. Em outros, a coerência com a realidade é bem menor, como os saltos para o hiperespaço de *Star Wars* ou os materiais e as tecnologias inexistentes em *Os Vingadores*.

Mas essas narrativas cinematográficas têm vários pontos em comum que estão na dimensão do mito, como o objetivo dos indivíduos de alcançarem feitos grandiosos, a divisão clara entre bem e mal, ou a coragem, a persistência, a lealdade e o martírio como sendo valores desejáveis. O quanto essas narrativas refletem a cultura da sociedade em que foram produzidas e o quanto participam da formação dos indivíduos é também alvo de estudos científicos do campo das Ciências Humanas, como a Antropologia, a Psicologia e a Sociologia.

Reprodução/Marvel Studios/Walt Disney Studios Motion Pictures

No primeiro filme da série *Os Vingadores*, um grupo de super-heróis é reunido para defender a Terra das ameaças provocadas pelo deus Loki, da mitologia nórdica.

Reprodução/Warner Bros. Pictures

No filme *Gravidade*, uma médica e um astronauta ficam à deriva no espaço após um acidente provocado por lixo espacial durante uma missão de reparo no satélite Hubble.

Reprodução do Livro do Estudante em tamanho reduzido.

Orientações didáticas

Ao trabalhar o conteúdo deste boxe, sugerimos que explore a relação entre as Ciências da Natureza e as Ciências Humanas por meio da comparação entre mito e ciência.

#Integrando as Ciências

O texto deste boxe possibilita o trabalho interdisciplinar ao oferecer aos estudantes a oportunidade de estabelecer a conexão entre diferentes componentes curriculares, evitando a rígida compartimentalização do conhecimento.

Sugerimos, inicialmente, questionar os estudantes sobre quais são as diferenças entre mito e ciência. Depois, é interessante reforçar essas discrepâncias, assim como as relações entre elas.

Para direcionar essa conversa, pode-se citar exemplos de filmes de ficção científica, como os que são mencionados no Livro do Estudante. Sugerimos propor uma atividade aos estudantes. Para isso, peça que, em grupos, escolham um filme de ficção científica e, após assisti-lo, indiquem momentos em que os conceitos científicos são abordados.

A seguir, indicamos um texto que discute os benefícios de utilizar a ficção científica no ensino de Ciências.

#Para ler

A ficção científica e o ensino de ciências: o imaginário como formador do real e do racional

[...] A produção literária envolvendo o gênero ficção científica transformou-se em uma fonte de informação em tempo real e imaginário. No tempo real é apresentado ao público o que na Ciência se discute atualmente e quais os direcionamentos apresentados pelas novas pesquisas; e em tempo imaginário, a ficção científica transforma o caminhar das pesquisas científicas em "futuro possível", oferecendo a possibilidade de se fazer Ciência, antecedendo os resultados a serem alcançados. Ao trabalhar entre estes dois mundos, a ficção científica favorece o acesso a diferentes produções da Ciência, oportunizando, com base em uma obra artística, o contato com as transformações que o homem da Ciência vem imprimindo ao mundo. [...]

Ao inserirmos a ficção científica no início de qualquer atividade pedagógica, ela se transforma em um instrumento metodológico para o ensino de Ciências, pois passa a ser o elemento que informa o conhecimento a ser explorado e, ao mesmo tempo, é o aparato que oferece as imagens de experiências a serem realizadas na aprendizagem dos conceitos. [...]

GOMES-MALUF, M. C.; SOUZA, A. R. S. A ficção científica e o ensino de ciências: o imaginário como formador do real e do racional. *Ciência e Educação*, Bauru, v. 14, n. 2, p. 271-282, 2008. Disponível em: https://www.scielo.br/j/ciedu/a/MT658NsDTcjbwGpP6NgXTJQ/?lang=pt. Acesso em: 21 maio 2022.

Orientações didáticas

O grupo de atividades presentes nesta página permite ampliar e desenvolver a habilidade EF09CI15.

Sugerimos que selecione alguns exercícios para que sejam feitos em sala de aula e outros em casa, com a ajuda da família ou responsável. Separe alguns minutos de sua próxima aula para realizar a correção dos exercícios e verificar possíveis defasagens de conteúdo. Caso julgue necessário, faça uma revisão dos conteúdos abordados até o momento.

#Atividades

1. a) O artista Alex Parker manteve-se fiel ao tema e, para recriar o quadro de Van Gogh, usou fotografias dos próprios astros tiradas pelo telescópio Hubble, e não uma pintura, como Van Gogh havia feito.

b) O Hubble foi um telescópio espacial construído e operado pela Nasa. Foi lançado ao espaço em 1990 e possui um espelho primário de 2,4 m de diâmetro. Ao longo de seus mais de trinta anos de funcionamento, tem obtido imagens impressionantes dos mais variados tipos de objeto e fenômenos espaciais.

2. Para facilitar a localização dos astros, o céu inteiro foi dividido em regiões, como um mapa. Atualmente, existem 88 regiões. Cada uma delas é uma constelação, e possui estrelas muito brilhantes e outras tão fracas que são invisíveis a olho nu. As estrelas mais brilhantes formam figuras, que são associadas a símbolos tradicionais da Astronomia. Essas figuras são os asterismos.

3. a) Por meio de estrelas ou asterismos que indiquem, aproximadamente, a localização de um ponto cardeal conhecido, como o Cruzeiro do Sul no hemisfério sul. Existem também constelações que são visíveis apenas no hemisfério norte ou no hemisfério sul. Além disso, a posição das constelações varia de acordo com a localização geográfica.

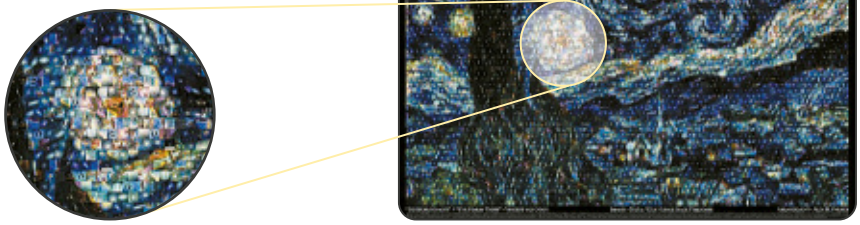
b) A agricultura sofre influência de fenômenos sazonais, como a insolação, o clima e a incidência de chuva. Da mesma forma, a aparência do céu muda ao longo do ano de forma cíclica. A observação permitiu aos povos antigos relacionarem a aparência do céu com a agricultura, por exemplo.

#ATIVIDADES

NÃO ESCREVA NO LIVRO

Consulte as Orientações didáticas para respostas e comentários das atividades.

1. Em 2012, o astrônomo estadunidense Alex Harrison Parker (1987-) recriou a obra *A noite estrelada*, de Vincent van Gogh, usando combinações de cem fotografias tiradas pelo telescópio espacial Hubble. Observe, a seguir, o resultado.



Reprodução/Alex Harrison Parker

a) Vincent van Gogh, pintor do quadro original, usou os astros como tema de sua obra artística. Qual tema você identifica na recriação de Alex Harrison Parker?

b) O que você sabe do telescópio Hubble?

2. Qual é a diferença, na Astronomia, entre constelações e asterismos? Faça no caderno um desenho explicando essa diferença.

3. Como é possível usar os astros para:

a) orientar-se no espaço?

b) a produção agrícola?

GRUPO

4. Em grupos de até quatro estudantes, façam uma pesquisa, em livros didáticos, livros de divulgação científica ou na internet, sobre o calendário de alguma civilização. Pesquisem as divisões de tempo que existem nesses calendários (se há semanas e meses ou períodos equivalentes), a forma de contagem do tempo (como revoluções da Lua ou translação em torno do Sol), eventuais correções do calendário (como o ano bissexto) e se nessas culturas atividades como a agricultura, a caça e a pesca utilizavam os astros como referência. Apresentem os resultados da pesquisa para a turma.

5. Nesta atividade, você fará uma simulação simplificada de coleta de mitos da comunidade da qual faz parte. Pergunte a pelo menos três pessoas adultas que convivem com você se elas conhecem alguma história sobre a Terra, o Sol ou outros astros que os pais ou familiares delas ou outras pessoas próximas contaram a elas.

a) Apresente esses relatos para os colegas e ouça as histórias relatadas por eles.

b) Há alguma semelhança entre as histórias relatadas ou em relação aos mitos estudados neste capítulo?

6. Neste capítulo você estudou algumas narrativas mitológicas e algumas obras artísticas – quadros, poemas e filmes – com inspiração astronômica. Escreva um poema, uma letra de música ou uma narrativa curta em que a temática dos astros esteja presente. Faça menção à Lua, ao Sol, a estrelas ou asterismos e inclua, no seu texto, conhecimentos científicos sobre esses astros.

Reprodução do Livro do Estudante em tamanho reduzido.

4. Resposta pessoal. Os resultados da pesquisa podem ser apresentados de formas diversas: por *slides*, cartazes ou apresentação oral. No momento de dividir os grupos, procure evitar que mais de um grupo escolha a mesma civilização, de forma a diversificar o assunto.

5. Respostas pessoais. É provável que os estudantes citem mitos muitos comuns, como a influência da Lua no crescimento dos cabelos ou no nascimento de bebês. Com cuidado para não ser desrespeitoso, é importante reforçar que tais crenças não são sustentadas por pesquisas científicas.

6. Resposta pessoal. É importante deixar os estudantes livres para se expressar da forma como acharem mais conveniente. A atividade trabalha a criatividade deles, mas também pode ser usada para verificar a coerência dos conceitos científicos empregados. Por isso, incentive-os a trazer vários elementos das Ciências vistos nas aulas para os textos que produzirem. Promove-se, assim, a competência geral 4.

CAPÍTULO 13

Sistema Solar e Universo

Representação artística de exoplanetas detectados pela sonda espacial Kepler.

Wendy Stenzel/NASA

Objetivos do capítulo

- Compreender a evolução do conhecimento sobre a origem da Terra, do Sol e do Universo.
- Descrever a estrutura e a composição de sistemas planetários.
- Identificar os corpos que compõem o Sistema Solar e reconhecer algumas de suas propriedades.
- Localizar o Sistema Solar na galáxia e no Universo.

Na BNCC

Habilidades: **EF09CI14** e **EF09CI15**.

Você sabia que há muitos planetas que não orbitam o Sol, mas orbitam outras estrelas? São os chamados exoplanetas. Ou seja, não é somente o Sol, a estrela central do sistema planetário em que vivemos, que tem planetas ao seu redor. Ao que tudo indica, a Terra é apenas mais um dos incontáveis planetas que existem no Universo.

O conhecimento astronômico sobre planetas, sistemas planetários e o Universo está em constante transformação e é impulsionado pelos desenvolvimentos tecnológicos, porém também estimula o desenvolvimento de novas tecnologias. Nos últimos anos, diversas sondas espaciais e poderosos telescópios foram desenvolvidos e lançados ao espaço para ampliar nossa compreensão sobre o Universo. Uma dessas sondas é o telescópio espacial Kepler, da Administração Nacional da Aeronáutica e do Espaço (Nasa, do inglês National Aeronautics and Space Administration), dos Estados Unidos, que, na última década, detectou mais de 4 mil exoplanetas na Via Láctea, um grande sistema de corpos celestes, chamado galáxia, em que o planeta Terra se encontra.

Será que a identificação de outros planetas pode afetar a nossa vida de alguma forma? Ao longo deste capítulo, vamos estudar os sistemas planetários, desde sua formação até como eles poderiam influenciar as ações humanas.

NÃO ESCREVA NO LIVRO

#Para iniciar

- O que você sabe a respeito de outros planetas?
- Você tinha conhecimento da existência de outros sistemas planetários?
- Como você se sente ao saber da existência de tantos exoplanetas?

Respostas pessoais para mobilização dos conhecimentos prévios dos estudantes. Consulte as Orientações didáticas.

Reprodução do Livro do Estudante em tamanho reduzido.

Orientações didáticas

Neste capítulo, sugerimos iniciar a abordagem do tema comentando a existência de muitos outros planetas, além dos que compõem o Sistema Solar, os chamados exoplanetas. A intenção é mostrar como o Universo é amplo e diverso.

O capítulo favorece o trabalho com as habilidades EF09CI14 e EF09CI15, pois discute as principais conclusões humanas acerca da composição do Sistema Solar e de sua localização na galáxia e no Universo.

#Para iniciar

Este boxe tem o objetivo de auxiliá-lo(a) na identificação dos conhecimentos prévios, das habilidades, das atitudes e dos valores dos estudantes. Por isso, sugerimos que eles realizem o registro de suas respostas iniciais no caderno, a fim de que possam ser retomadas e revistas no final do capítulo. Isso contribuirá para que se conscientizem do desenvolvimento de suas aprendizagens e da construção do seu conhecimento.

Sugestões de respostas e comentários às questões propostas:

- Espera-se que os estudantes citem características contrastantes de alguns planetas do Sistema Solar, como a presença ou a ausência de anéis ou a quantidade de satélites.
- Espera-se que os estudantes comentem que já ouviram falar sobre outros sistemas planetários na mídia, por exemplo, em especial quando algum planeta em um desses sistemas tem semelhanças com a Terra.
- A questão estimula a reflexão sobre os próprios sentimentos e os dos outros. Para algumas pessoas, pode ser empolgante saber que há muitos planetas no Universo e muitos outros para se descobrir; mas outras podem se sentir diminuídas ao pensar que a Terra e o Sistema Solar não são únicos como se poderia supor. Tais questões podem estimular um debate interessante entre a turma, caso considere oportuno.

Orientações didáticas

O conteúdo abordado favorece o trabalho com a competência geral 1 e a competência específica 1 de Ciências da Natureza.

Neste tópico, sugerimos comentar as mudanças que ocorrem na natureza e na sociedade, algumas com comportamento periódico, como o dia e a noite, e outras que proporcionam transformações progressivas, como o conhecimento humano.

Para explorar as mudanças periódicas, sugerimos tomar como exemplo o dia e a noite e as estações do ano. Pode-se perguntar aos estudantes que diferenças eles notam entre os dias de verão e os dias de inverno. Espera-se que comentem, principalmente, as diferenças de temperatura, mas pode ocorrer de algum estudante apontar a diferença entre as estações, ou a duração do dia.

Para trabalhar as transformações do conhecimento humano, uma possibilidade é ouvir ou ler com os estudantes a letra da música "Como uma onda", do cantor Lulu Santos, aplicando a atividade sugerida no boxe *#Atividade complementar*. Depois, pergunte a eles o que significa o trecho "Nada do que foi será". Nessa conversa, a ideia é conduzi-los a perceber que nós sempre estamos mudando como pessoas e como sociedade. À medida que vemos ou aprendemos alguma coisa, nossa percepção sobre ela muda. Além dessa reflexão, também é possível explorar o desenvolvimento da ciência e das tecnologias que dela surgem. Quando um equipamento de observação e investigação é desenvolvido, veremos de outra maneira o fenômeno estudado. Por exemplo, os telescópios permitem ver além do que era possível apenas com o olho humano e, a cada nova tecnologia desenvolvida para primorar os telescópios, mais detalhes dos objetos celestes e novos objetos podem ser investigados.

Vale discutir também o caso do rio Nilo e sua importância para a civilização egípcia. Os estudantes já devem ter estudado esse assunto no componente curricular História, então a discussão pode ser bastante participativa. O caso do rio Nilo exemplifica a necessidade de conhecer o fenômeno natural (a cheia do rio) a fim de prevê-lo e evitar problemas econômicos ou sociais (desocupando as regiões que serão alagadas, antes da cheia). É também um ótimo exemplo de como prever fenômenos naturais a partir da observação do céu, pois, com essa observação ao longo das gerações, foi possível perceber que, quando a estrela Sirius aparecia no leste pouco antes de o Sol nascer (fenômeno chamado de amanhecer helíaco), as cheias do rio Nilo estavam próximas. Ou seja, a observação do céu pode funcionar como um calendário.

#A compreensão do Universo está em transformação

A natureza apresenta diversas mudanças: o dia e a noite ocorrem em sucessão, as plantas crescem, os animais se movimentam... Isso nos dá a impressão de que tudo está em constante mudança e, há muito tempo, a humanidade vem desenvolvendo a compreensão desse dinamismo do Universo.

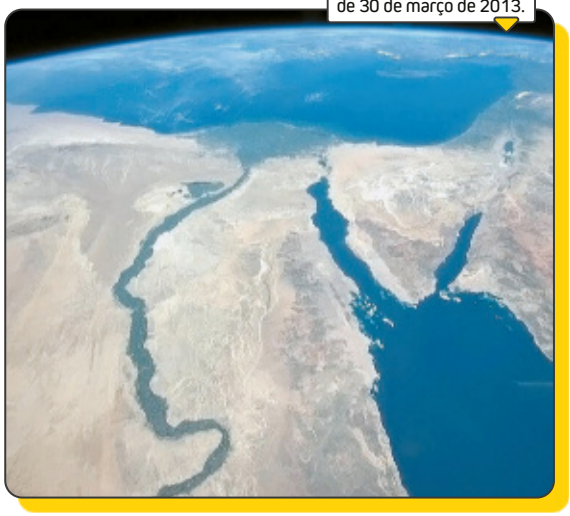
Por mais simples que possa parecer, perceber que há dia e noite, e os perigos que estão relacionados a essa alternância, pode ter promovido uma primeira forma de organização das tarefas humanas. Durante o dia, em virtude da luminosidade, é o momento propício para se locomover, buscar alimentos e perceber os perigos do entorno. Já durante a noite, os olhos humanos não permitem ver tantos detalhes, então, é o período de buscar abrigo. Da mesma forma, podemos observar nos animais hábitos diurnos e noturnos, que também podem estar relacionados com as especificidades de seus órgãos sensoriais.

Podemos considerar que, no início da história, a ideia de Universo era bem diferente da atual. Para as populações humanas mais antigas, o "universo" se limitava apenas à distância na qual poderiam caminhar.

O desenvolvimento da agricultura também pode ter aproximado o ser humano da observação da natureza, pois, com base nela, passou a ser necessário identificar as épocas de maior ou menor temperatura e os períodos mais propensos a chuvas, enchentes e seca para poder plantar e colher com regularidade. Há cerca de 8 mil anos, diversas civilizações já haviam desenvolvido esses conhecimentos, por exemplo, os antigos sumérios, hindus e egípcios. Os egípcios criaram um sólido conjunto de conhecimentos acerca do rio Nilo, às margens do qual desenvolveram sua civilização.

É provável que os primeiros agricultores trocassem suas produções entre si, seja por outros produtos, seja como retribuição pela colaboração em algum serviço prestado um ao outro. Com o tempo, supõe-se que a produção de alimentos tenha demandado mais espaço para o plantio, promovendo, assim, o assentamento de pessoas em locais mais distantes das margens dos rios. Com isso, novas demandas sociais foram surgindo, como moradia, fontes de água e segurança contra o ataque de outros grupos, além do desenvolvimento do comércio.

Mesmo nesse contexto, o planejamento das atividades humanas, o reconhecimento de padrões de condições climáticas, a marcação do tempo e a orientação espacial continuaram sendo realizados com base no estudo dos movimentos dos astros no céu. Com isso, as observações do Universo foram se fortalecendo.



Rio Nilo, no Egito, ao centro, em imagem registrada pela Estação Espacial Internacional (ISS, do inglês International Space Station). Até hoje os períodos de cheia do rio levam nutrientes para as margens (áreas verdes que contornam o rio), tornando o solo muito propício para a agricultura. Fotografia de 30 de março de 2013.

Chris Hadfield/NASA

Reprodução do Livro do Estudante em tamanho reduzido.

Como vimos no capítulo anterior, diversos povos desenvolveram fortes relações com o movimento aparente dos astros e suas práticas cotidianas, registrando parte de sua cultura em constelações e, até mesmo, construindo monumentos alinhados com as estrelas de alguma maneira. É o caso, por exemplo, de Stonehenge, na Inglaterra, e das pirâmides de Gizé, no Egito.

O monumento Stonehenge, na Inglaterra, é considerado um dos primeiros observatórios astronômicos construídos pela humanidade. Suas pedras alinham-se com determinadas estrelas em datas específicas durante o ano. As pirâmides de Gizé, por exemplo, têm suas faces alinhadas com as direções norte-sul e leste-oeste.

Neil Lang/Shutterstock

O monumento Stonehenge foi construído há mais de 5 mil anos. Fotografia de 2020.

Thitichaya Somduyjawad/Shutterstock

O complexo de pirâmides de Gizé, localizado no Egito, foi construído por volta de 2700 a.C. Fotografia de 2020.

A observação do céu, para a compreensão dos fenômenos da natureza, estimulou a construção de ferramentas que pudessem ampliar a visão humana. Além das diversas construções espalhadas pelo mundo, erguidas para promover o estudo de corpos celestes, ferramentas, como os astrolábios, foram usadas por viajantes para guiarem-se de acordo com a posição das estrelas, o que permitiu a expansão do significado de Universo conhecido até então.

Reprodução do Livro do Estudante em tamanho reduzido.

Orientações didáticas

Sugerimos uma atividade complementar para explorar a relação da música "Como uma onda", do cantor e compositor Lulu Santos, com as mudanças na natureza e as transformações na sociedade.

#Atividade complementar

Arte como forma de representar as mudanças da vida

Organize os estudantes em grupos pequenos e peça a eles que conversem sobre cada estrofe da música, buscando responder às seguintes perguntas:

- O que significa cada estrofe da música?
- Que relação essa estrofe tem com as mudanças da natureza?
- Vocês concordam que "tudo muda"?

Esta atividade pode ser realizada em parceria com os professores de Linguagens e Filosofia.

É interessante ressaltar que a interpretação de uma obra artística é, em geral, de cunho pessoal e, por isso, os estudantes podem ter entendimentos distintos e utilizar diferentes argumentos para justificar suas interpretações. Assim, sugerimos valorizar as contribuições de todos os estudantes e aproveitar para desenvolver as habilidades de trabalho em grupo e de argumentação.

Ao relacionar a música com as mudanças da natureza e as transformações no conhecimento científico, é importante alertar os estudantes para o fato de que toda comparação ou analogia tem limitações. Nesse caso, por exemplo, a música comenta que "Tudo muda o tempo todo no mundo", mas há muitas coisas que não estão o tempo todo mudando no planeta, como o fato de a Terra rotacionar ou de transladar em torno do Sol.

#Para ler

Esse e outros desenhos [com representações simbólicas do universo, com deuses e deusas] do mesmo tipo tiveram conteúdo evidentemente religioso, pois os astrônomos egípcios também eram sacerdotes. Os historiadores consideram que o motivo para a ausência de uma preocupação maior com descrição do céu e de astros como estrelas, planetas e mesmo a Lua, no Egito, justifica-se pelo fato de todo o interesse dos astrônomos-sacerdotes estarem relacionado à vida pós-morte, também ao contrário do que ocorreria na Grécia.

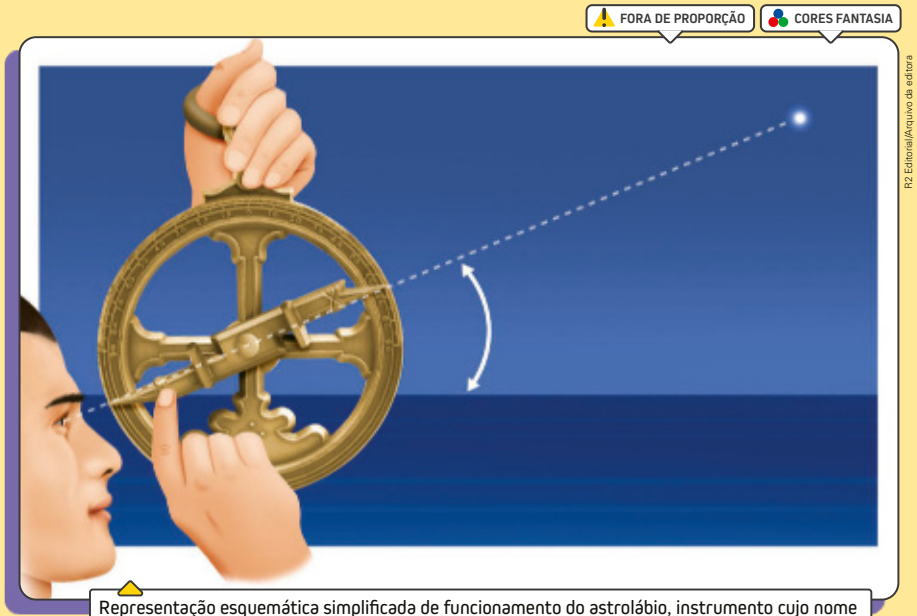
De qualquer maneira, os egípcios conceberam a duração do ano em 365 dias, divididos em 12 meses de 30 dias a que se acrescia 5 dias (epagômenos), com o objetivo de fazer coincidir o ano civil com o ano solar. No Egito antigo, a inundação periódica do rio Nilo, entre junho a setembro, por ação das chuvas abundantes, coincidia aproximadamente com o nascer helíaco (primeira aparição anual de um astro sobre o horizonte leste) de Sothis, ou Sirius (alfa do Cão Maior) e marcava o início do ano.

PICAZZIO, E. (ed.). *O céu que nos envolve*: introdução à Astronomia para educadores e iniciantes. São Paulo: Odysseus, 2011. p. 17. Disponível em: http://www.astro.iag.usp.br/OCeuQueNosEnvolve.pdf. Acesso em: 10 maio 2022.

#Integrando as Ciências

O astrolábio é um instrumento que funciona com base em princípios geométricos para calcular medidas de comprimento de acordo com a posição dos astros, para precisão das horas e localização geográfica.

O desenvolvimento do astrolábio é atribuído ao matemático grego Hiparco de Niceia (190 a.C.-120 a.C.), um dos criadores da trigonometria. Hiparco também contribuiu para o desenvolvimento da projeção estereográfica, método aplicado para representar formas esféricas em superfície planas. Os gregos antigos tinham fortes evidências de que a Terra era arredondada e utilizavam essa técnica de projeção para mapear o território conhecido.



Representação esquemática simplificada de funcionamento do astrolábio, instrumento cujo nome deriva das palavras gregas *astron*, que significa "estrela", e *lambanein*, que significa "pegar".

No século XIII, o astrolábio foi redescoberto pelos árabes, que o utilizavam como guia em suas rotas comerciais. Foi por meio dessas rotas que o astrolábio chegou à Europa. No século XV, o instrumento foi simplificado e aperfeiçoado pelo astrônomo espanhol, de origem judaica, Abraão Zacuto (1450-1522), e passou a ser a principal ferramenta de navegação das embarcações que saíam em busca de novas terras, já que, em alto-mar, os únicos pontos de referência para os navegadores eram os astros. O Sol, a Estrela Polar (visível apenas no hemisfério norte) e o asterismo do Cruzeiro do Sul (visível apenas no hemisfério sul) são exemplos de astros usados para a determinação de localizações geográficas nas navegações.

Antes do uso dessa tecnologia, a navegação era restrita, feita por rotas conhecidas e pela observação do horizonte.

Além dos astrolábios, os navegadores usavam outras ferramentas, como bússolas, compassos, lunetas e tabelas de declinação do Sol, sendo sempre necessários conhecimentos integrados de Matemática e Astronomia para um maior sucesso na navegação.

Reprodução do Livro do Estudante em tamanho reduzido.

Orientações didáticas

Peça aos estudantes que façam a leitura do texto do boxe *#Integrando as Ciências*. Depois, peça que expliquem com suas palavras o que é o astrolábio e comente que esse foi um importante instrumento para a determinação de medidas de distâncias a partir da posição dos astros.

#Integrando as Ciências

O texto deste boxe possibilita o trabalho interdisciplinar ao oferecer aos estudantes a oportunidade de estabelecer a conexão entre diferentes componentes curriculares, evitando a rígida compartimentalização do conhecimento.

Na *#Atividade complementar* a seguir, sugerimos aplicar a **metodologia ativa** trabalhando com o espaço *maker*, propondo aos estudantes que construam um astrolábio caseiro. O astrolábio sugerido terá uma estrutura um pouco diferente dos astrolábios clássicos, porque os ângulos estarão na parte inferior do instrumento; porém, seu princípio de funcionamento é o mesmo.

#Atividade complementar

Astrolábio caseiro

Sugerimos que os estudantes construam, em grupo, um astrolábio caseiro com os seguintes materiais:

- 1 canudo de plástico (pedaço de cano ou caneta plástica sem carga e extremos);
- 1 pedaço de linha de aproximadamente 30 cm;
- 1 transferidor;
- fita adesiva;
- borracha ou outro objeto que sirva para esticar o fio.

Para montar o astrolábio, os estudantes podem seguir estes passos: primeiro, fixar com fita um dos extremos da linha no centro do transferidor e, depois, o outro extremo, em que deve amarrar a linha à borracha; segundo, utilizando a fita, fixe o canudo no transferidor paralelamente ao lado reto dele.

Para testar o astrolábio, sugerimos escolher dois objetos da sala de aula, dispostos em alturas diferentes. Solicite a cada grupo que observe um desses objetos pelo canudo do astrolábio e informe o valor do ângulo indicado pela linha no transferidor. Como os objetos estão em posições diferentes, esses valores serão diferentes.

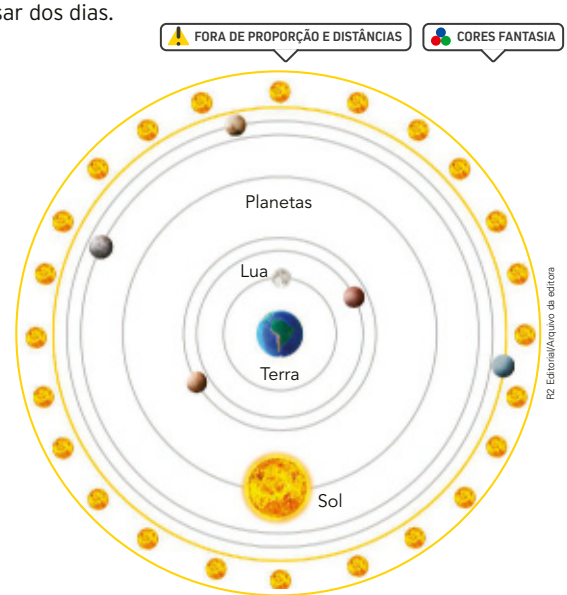
Para utilizar o astrolábio, os estudantes podem escolher uma estrela no céu e observá-la pelo instrumento, anotando o valor indicado. Depois de uma hora, eles devem repetir a observação da mesma estrela e anotar novamente o valor indicado. Após o término da observação, pergunte aos estudantes se os valores mudaram e o porquê dessa variação.

Se não for possível realizar observações em um horário em que alguma estrela já esteja visível no céu, outra sugestão é determinar a altura do Sol. Nesse caso, é muito importante orientar os estudantes a não olhar diretamente para o Sol, apenas mirar o canudo para o céu e identificar se está na direção dos raios solares, utilizando um anteparo no outro extremo do canudo. A partir do valor do ângulo indicado no transferidor e utilizando a semelhança de triângulos, pode-se determinar a altura do Sol ou das estrelas observadas.

Uma alternativa também é solicitar aos estudantes que façam, em casa, as medidas da posição das estrelas em horários diferentes. As posições podem ser registradas e a discussão feita na aula seguinte.

Além do uso de instrumentos de observação do céu para a exploração de novos territórios, ao observar o movimento aparente do Sol, da Lua e das estrelas no céu, a percepção de como o movimento desses astros ocorreria em relação a nós, observadores aqui da Terra, contribuiu para a construção da ideia de estarmos no centro do Universo.

Um dos representantes mais importantes dessa forma de compreender a natureza foi o filósofo grego Aristóteles (384 a.C.-322 a.C.), que apresentou um **modelo geocêntrico** (*geo*, de terra, e *cêntrico*, de centro) com o objetivo de explicar a regularidade no movimento dos astros visíveis no céu noturno. Séculos mais tarde, esse modelo foi aprimorado pelo astrônomo e geógrafo egípcio Cláudio Ptolomeu (cerca de 100 a.C.-170 a.C.), que propôs ideias inovadoras para os movimentos das órbitas e aplicou conceitos matemáticos para melhor prever a posição de alguns astros com o passar dos dias.



As observações do movimento aparente dos astros no céu contribuíram para a concepção do modelo geocêntrico, no qual a Terra está no centro do Universo e todos os demais astros movem-se ao redor dela.

#Para refletir

NÃO ESCREVA NO LIVRO

1 Você já teve a oportunidade de observar o movimento aparente dos astros no céu noturno? Em uma noite de céu limpo (sem nuvens), escolha um ponto de referência, como uma árvore ou um prédio, e observe o céu acima dele em horários diferentes. Como você explicaria esse movimento observado? **1.** Resposta pessoal. Consulte as Orientações didáticas.

Reprodução do Livro do Estudante em tamanho reduzido.

#Para refletir

1. Espera-se que o estudante reflita sobre o fato de que, ao olhar para o céu, temos a aparente impressão de que os astros se movem ao nosso redor. Isso acontece em relação tanto ao Sol quanto à Lua e às estrelas, o que pode sugerir que estamos no centro do Universo e que os demais astros se movem ao redor de nós.

Orientações didáticas

Nesta página é realizada uma abordagem histórica, mostrando o avanço do conhecimento científico e as dificuldades encontradas pela sociedade da época. Essa abordagem favorece o desenvolvimento da competência geral 1 e da competência específica 1 de Ciências da Natureza.

#Para ler

Como entendemos os astros? Geocentrismo × Heliocentrismo

Foi Cláudio Ptolomeu (90-168 d.C.), astrônomo grego, quem, com grande refinamento matemático, consagrou essa teoria na obra Almagesto. No seu modelo cosmológico as estrelas estariam fixadas em uma esfera celeste que girava em torno da Terra. Já os outros astros como os planetas, a Lua e o Sol, se moveriam em órbitas circulares ao nosso redor. No Sistema Ptolomaico as posições planetárias estavam sujeitas às velocidades angulares dos planetas em relação às estrelas. Por sua vez, as órbitas dos planetas foram descritas com uma combinação de círculos: os "deferentes" e os "epiciclos". Essa inovação possibilitou explicar o movimento retrógrado dos planetas, ou seja, quando um planeta é observado movendo-se em sentido contrário aos demais corpos celestes. A obra também descrevia as mudanças nas posições dos planetas no Zodíaco e as órbitas de Mercúrio e Vênus com incertezas matemáticas.

Em virtude disso, o Modelo Geocêntrico Ptolomaico foi o mais aceito e difundido, estendendo-se por treze séculos. [...] O apoio Católico decorreu do fato que a teoria outorgava os textos bíblicos. Teologicamente a figura central da criação divina são os seres humanos. [...]

Entre os séculos XVI e XVII a Astronomia, bem como a Física em geral, foram revolucionadas. O astrônomo polonês, Nicolau Copérnico (1473-1543), concebeu o chamado sistema Heliocêntrico, que mudaria sensivelmente toda a astronomia conhecida até então. Assim como Geocentrismo, o termo Heliocentrismo trata-se de uma composição por aglutinação da palavra "Hélio", nome do deus romano do Sol, e "centrismo". Nesse modelo cosmológico o Sol está no centro do universo, fixo e imóvel, à sua volta orbitariam os, até então conhecidos, seis planetas. [...]

PINHEIRO, C. Como entendemos os astros? geocentrismo × heliocentrismo. *AMLEF*. Porto Alegre, 12 ago. 2021. Disponível em: https://www.ufrgs.br/amlef/2021/08/12/capitulo-02-como-entendemos-os-astros-geocentrismo-e-heliocentrismo/. Acesso em: 10 maio 2022.

Orientações didáticas

Sugerimos que, ao abordar a complexidade na explicação do movimento retrógrado de Marte utilizando a teoria geocêntrica, comente a navalha de Occam. Trata-se de um princípio para se optar entre duas ou mais descrições possíveis de um mesmo fenômeno: a mais complexa deve ser excluída. Evidentemente que nem sempre a descrição mais simples é a mais correta; contudo, supondo que ambas fazem previsões similares e são capazes de explicar os mesmos fenômenos, a mais simples tende a ser a mais aceita. O modelo heliocêntrico, a partir das contribuições de Kepler e Newton, não só passou a descrever com mais simplicidade (e precisão) o movimento dos astros no céu, como também permitiu a explicação e a previsão de mais fenômenos, o que contribuiu para que esse modelo se tornasse hegemônico.

Sugerimos destacar que esse movimento retrógrado é um movimento aparente. Observando da Terra, Marte realiza um movimento retrógrado; mas, se fosse possível observar o movimento de Marte de outro ponto de vista (fora da Terra), ele não seria classificado como retrógrado.

Não é apenas Marte que apresenta esse movimento aparente retrógrado para um observador na Terra. Isso acontece com todos os planetas, ainda que com diferenças entre os planetas que têm órbitas externas à Terra (Marte, Júpiter, Saturno, Urano e Netuno) e planetas em órbitas internas (Vênus e Mercúrio). O *site* Movimento retrógrado dos planetas, indicado no boxe *#Para saber +*, também apresenta animações sobre esses casos.

O modelo geocêntrico permitiu a compreensão de diversos fenômenos observados no céu, e isso, associado à concepção filosófico-religiosa do período e o prestígio de seus defensores, ajudou a fazer dele o modelo mais aceito por, aproximadamente, 1700 anos. Porém, como pode ocorrer com todo modelo científico, havia situações observadas no céu que desafiavam o modelo geocêntrico. Uma dessas situações era o movimento do planeta Marte, que parecia fazer "piruetas" pelo céu ao longo do tempo. Atualmente, esse fato é conhecido como **movimento retrógrado**.

Registro do movimento retrógrado do planeta Marte, em 2016.

Para explicar o movimento retrógrado de Marte, foram propostos modelos cada vez mais complexos, incluindo até mesmo a retirada da Terra do ponto central das órbitas, ainda que o planeta permanecesse próximo do centro e parado.

Leia, a seguir, o trecho de um texto científico sobre como se tentou descrever o movimento retrógrado dos planetas – também chamado de movimento errante – sem que fosse abandonada as ideias de a Terra estar no centro (ou, aproximadamente, no centro) das órbitas, de a trajetória das órbitas ser circular e de as velocidades terem valores constantes.

A ideia de órbitas com trajetórias circulares, por exemplo, era reforçada pela crença da época de que o céu tinha formas perfeitas, como o círculo, pois todos os pontos de sua borda estão à mesma distância do centro.

Reprodução do Livro do Estudante em tamanho reduzido.

#Para saber +

Movimento retrógrado dos planetas
Nesse *site*, há animações que mostram o movimento retrógrado dos planetas localizados em órbitas externas e internas à Terra.
Disponível em: http://www.astro.iag.usp.br/~gastao/Retrogrado/retrogrado.html.
Acesso em: 13 maio 2022.

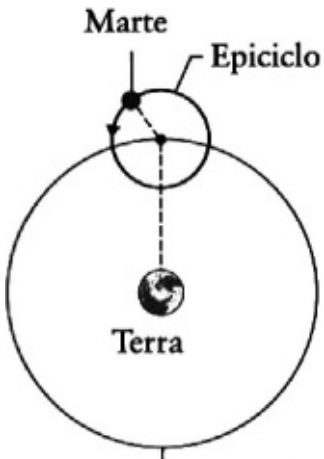
#Para interpretar

GRUPO

NÃO ESCREVA NO LIVRO

Elementos da história da Astronomia

[As ideias da época] contribuíram para a concepção de que a Terra não se movia e era o centro do Universo, contrariamente ao modelo de Aristarco [discípulo de Aristóteles, que mencionaremos adiante]. Apesar disso, persistia o problema com o movimento errante dos planetas. Como explicá-lo? [...] o geômetra grego do século III a.C., Apolônio de Perga, imbuído da ideia de que os astros se movem em círculos perfeitos, propôs que Marte continuasse se movendo de tal maneira, mas não diretamente em torno da Terra. Ele está preso à borda de um círculo menor, que é levado por um maior, conforme esquematizado ao lado. Esse pequeno círculo é chamado de epiciclo. Esta explicação, a qual foi aplicada para explicar outros movimentos anômalos, foi aceita por quase dois mil anos [...].



Representação esquemática do modelo do epiciclo.

Reprodução/https://revistas.pucsp.br/index.php/cienseduc/article/view/50334/34343

Essa ideia foi retomada e usada por Ptolomeu, que viveu por volta de 150 d.C. Seu tratado de Matemática, conhecido por Almagesto, foi a 'bíblia da Astronomia' por quase 14 séculos. Dentre as explicações constantes de sua obra, há a organização dos caminhos circulares dos planetas, os quais, segundo ele, se moviam a velocidade constante.

O modelo Geocêntrico de Ptolomeu foi elaborado de modo a ajustar o que se observava no céu com a ideia dos círculos perfeitos, o que resultou numa engrenagem complexa, que foi se complicando a cada vez que uma nova anomalia surgia. [...]

LONGHINI, M. D.; GANGUI, A. Atividades de ensino em Astronomia a partir de elementos da História da Ciência: o caso do movimento retrógrado de Marte. *História da Ciência e Ensino*, v. 3, p. 78-95, 2011. p. 87-88.

1 **Qual é a principal dificuldade apontada pelo trecho do texto ao representar o movimento retrógrado dos planetas considerando a Terra como centro do movimento, as órbitas circulares e as velocidades com valor constante?** 1. O modelo pode ficar cada vez mais complexo ao incluir, por exemplo, novos círculos que representam os epiciclos.

2 **No caderno, desenhe o movimento do planeta Marte em torno da Terra utilizando o epiciclo proposto por Apolônio de Perga. Usando a imagem anterior como modelo, coloque a ponta do lápis no caderno sobre o ponto que representa Marte e trace sua órbita ao redor da Terra. Compartilhe com os colegas a figura que se formar.** 2. Resposta pessoal. Consulte as Orientações didáticas.

3 **Explique como o desenho no caderno representaria o movimento retrógrado observado no céu.** 3. Resposta pessoal. Consulte as Orientações didáticas.

#Estude

Visibilidade dos planetas e as fases de Vênus, de SILVEIRA, F. L. *Pergunte ao CREF*, 21 nov. 2020. Disponível em: cref.if.ufrgs.br/?contact-pergunta=visibilidade-dos-planetas-e-as-fases-de-venus. Acesso em: 21 abr. 2022.

Resposta do Centro de Referência em Ensino de Física (CREF) sobre as fases de Vênus, similares às da Lua. As fases de Vênus são outro fenômeno não predito pelo modelo geocêntrico.

Reprodução do Livro do Estudante em tamanho reduzido.

#Para saber

Simulador de órbitas geocêntricas

Esse simulador, desenvolvido pela Universidade de Lincoln Nebraska, nos Estados Unidos, possibilita visualizar o modelo geocêntrico de epiciclos. Ao iniciar a animação, um planeta externo começa o movimento no epiciclo, e este, em torno da Terra. No painel inferior, é possível ver a posição do planeta em relação às estrelas distantes, conforme visto por um observador na Terra (fixa, no simulador).

Disponível em: https://astro.unl.edu/naap/ssm/animations/configurationsSimulator.html.

Discutindo o modelo de Ptolomeu e sua equivalência com o modelo de Copérnico

Artigo científico que demonstra a equivalência geométrica dos modelos de Ptolomeu e Copérnico, ressaltando que a vantagem do modelo de Copérnico não estava na precisão, mas em ser um modelo fisicamente mais completo e capaz de unificar conceitos.

Disponível em: https://www.scielo.br/j/rbef/a/wBQvM9ZrKZR9zJ9T8CPcHCP/?lang=pt.

Acesso em: 19 maio 2022.

Orientações didáticas

#Para interpretar

O modelo geocêntrico foi o dominante na ciência por vários séculos. Um dos fatores que contribuíram para isso foi o seu alinhamento com a visão filosófica e religiosa europeia desde a Antiguidade até o Renascimento. Esse caso é uma boa oportunidade para discutir como um pensador ou um cientista elege problemas a serem resolvidos e propõe soluções possíveis que tendem a estar alinhadas com aspectos filosóficos, religiosos, sociais, econômicos do período, e assim por diante.

Para abordar o assunto, sugerimos que os estudantes leiam o texto do Livro do Estudante individualmente. Eles podem anotar termos ou expressões que não entenderam no decorrer da leitura para esclarecê-las em seguida, em uma discussão com a turma.

1. A resposta à questão proposta está no Livro do Estudante. O problema desse modelo é que ele se torna mais complexo por não desconsiderar a ideia de órbitas perfeitamente circulares e de velocidade constante, apesar de considerar que a própria Terra não ocupa exatamente o centro das órbitas (a rigor, o modelo era geoestacionário, não geocêntrico). Deferente, epiciclo, excêntrico e equante foram conceitos utilizados no modelo geocêntrico e, mesmo na proposta de Copérnico, não foram rejeitadas no modelo heliocêntrico, o que mudou somente a partir dos estudos de Kepler.

2. Espera-se que o desenho elaborado seja semelhante ao modelo à seguir.

Tatê Diniz/Arquivo da editora

Pode não ser simples compreender a forma da órbita. Uma maneira de facilitar essa observação é utilizar um simulador, como o indicado no boxe *#Para saber +*.

3. Espera-se que o estudante associe os epiciclos (responsáveis pelos laços produzidos no desenho) à trajetória indicada na representação do movimento retrógrado de Marte.

Orientações didáticas

Para introduzir a abordagem sobre o modelo heliocêntrico, sugerimos que os estudantes sejam questionados sobre o Renascimento, tema que, provavelmente, foi estudado nas aulas de História. Essa contextualização é importante para compreender a ascensão do modelo heliocêntrico em detrimento do geocêntrico.

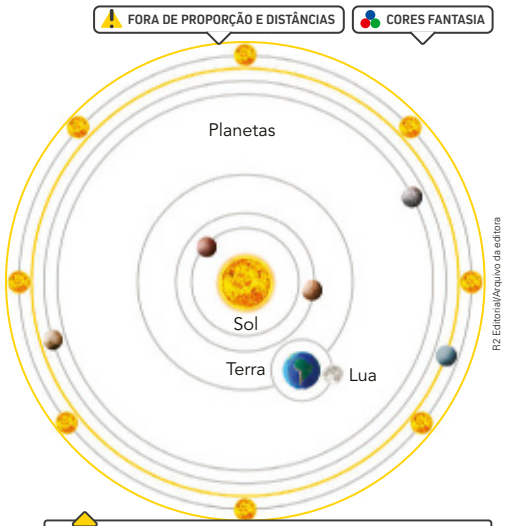
Destaque o fato de que o modelo heliocêntrico já existia desde a Grécia antiga, não tendo sido, de fato, criado por Copérnico. O fato de que o modelo geocêntrico foi dominante durante todos esses séculos se apoiava, entre outros, na visão filosófica e religiosa da época, nos resultados razoavelmente precisos das observações e no prestígio de alguns pensadores no campo das ideias sobre o funcionamento da natureza, como Aristóteles e o próprio Ptolomeu.

Destaque aos estudantes que mudanças de paradigmas são comuns ao longo da história da ciência. Caso considere oportuno, peça aos estudantes que pesquisem o termo, algumas mudanças de paradigmas relacionadas à ciência e compartilhem os resultados com os colegas em uma roda de conversa.

Tentativas de explicar o movimento retrógrado dos planetas e outros fenômenos foram elaboradas ao longo dos anos, mas exigiam mecanismos cada vez mais complexos.

Mudanças no pensamento filosófico e religioso, para uma ideia antiga ser então retomada: o Sol estaria no centro e todos os demais astros estariam em movimento circular ao redor dele.

O astrônomo e matemático grego Aristarco de Samos (310 a.C.-230 a.C.) foi um dos propositores, ainda na Grécia antiga, dessa visão de Universo, chamada **modelo heliocêntrico** (*helios*, em grego, significa "Sol"). Cerca de 1800 anos depois, o astrônomo polonês Nicolau Copérnico (1473-1543) tornou-se um importante representante dessa ideia.



O modelo heliocêntrico de Copérnico considera o Sol no centro do Universo e os planetas movendo-se em trajetórias circulares ao redor dele. Por esse modelo, a Lua move-se em trajetória circular ao redor da Terra.

Copérnico e diversos outros cientistas e pensadores contribuíram para a adoção do modelo heliocêntrico em detrimento do modelo geocêntrico. Essa mudança de **paradigma** ocorreu aliada a uma mudança na visão de mundo nas sociedades europeias entre os séculos XIV e XVI, período conhecido por Renascimento.

A concepção de Universo da época de Copérnico era, basicamente, a compreensão do Sistema Solar, ainda que se imaginasse existir uma esfera de estrelas após o último planeta conhecido (Saturno). Assim, tomar a Terra ou o Sol como centro do Universo corresponde, em certo sentido, a tomar a Terra ou Sol como centro do Sistema Solar em termos atuais.

Naquela época, os dados astronômicos coletados eram obtidos pela observação do céu com o eventual uso de instrumentos rudimentares, comparando-se a posição de estrelas entre si ou com pontos de referência (como as construções citadas no início do capítulo).

◀ 250 ▶

Paradigma: conceito elaborado a partir de modelos científicos para fundamentar teorias, experiências, métodos e instrumentos, partilhados e aceitos pela comunidade científica.

Reprodução do Livro do Estudante em tamanho reduzido.

#Para saber

O que é um facto em Ciências?
O texto discute o que é um fato em Ciências, conforme compreendido no método científico. Para essa discussão, utiliza como exemplo os modelos geocêntrico e heliocêntrico do Sistema Solar.
Disponível em: https://cfcul.mcmlxxvi.net/biblioteca/online/pdf/josecroca/factoemciencia.pdf.

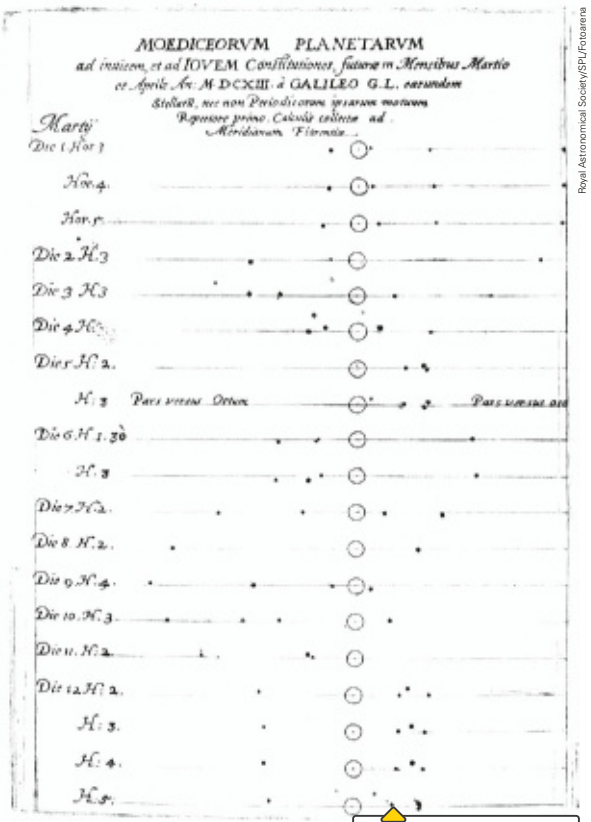
No século XV, o uso da luneta como instrumento de observação do céu impactou o pensamento e o conhecimento humano sobre o Universo, pois essa ferramenta ampliou de maneira significativa o alcance do olhar humano. Por exemplo, foi usando uma luneta que Galileu Galilei observou luas orbitando Júpiter, o que contrariou a ideia de que apenas a Terra apresentava satélites e reforçou o questionamento se a Terra seria realmente o centro de tudo no Universo.

Assim como Galileu Galilei, diversos outros cientistas contribuíram para a compreensão da Astronomia. Registros como os os realizados por Galileu contribuíram para difundir a ideia de que possivelmente vivemos em apenas mais um planeta entre diversos, sem estarmos no centro do Universo.

O astrônomo dinamarquês Tycho Brahe (1546-1601) propôs um modelo misto, em que a Lua e o Sol giravam em torno da Terra, mas os outros planetas giravam em torno do Sol, e desenvolveu métodos e ferramentas aprimoradas que contribuíram para a coleta e o registro de dados de observações celestes ao longo de décadas.

Ao analisar os dados coletados por Brahe, o matemático alemão Johannes Kepler (1571-1630) considerou, depois de superar a sua própria resistência inicial à essa interpretação, que as órbitas dos planetas poderiam não ser circulares, como se acreditava até então, e propôs que o formato de uma elipse seria o mais adequado para explicar os movimentos observados.

Kepler ainda conseguiu determinar uma relação matemática que associava o tempo de órbita de um planeta com a sua distância até o Sol. Esses conhecimentos compõem as atualmente chamadas **leis de Kepler**, que tinham por base os dados empíricos.



Royal Astronomical Society/SPL/Fotoarena

Registro da mudança de posição das luas do planeta Júpiter ao longo de um mês, elaborado por Galileu, em 1613.

#Para refletir

GRUPO

NÃO ESCREVA NO LIVRO

1 Quais implicações sociais e culturais as tentativas de explicar o lugar do planeta Terra no Universo trouxeram para a sociedade ao longo da história? Compartilhe suas ideias com os colegas e converse sobre isso com a turma.

1. Resposta pessoal. Consulte as Orientações didáticas.

Reprodução do Livro do Estudante em tamanho reduzido.

#Para saber

Copérnico e Kepler: como a Terra saiu do centro do universo
Nesse texto, os autores discutem a origem do modelo heliocêntrico e o papel de Copérnico e de Kepler nessa transformação. Disponível em: https://www.ihu.unisinos.br/images/stories/cadernos/ideias/049cadernosihuideias.pdf.

O mito de Galileu desconstruído
O texto destaca a importância de desmitificar anedotas históricas comumente usadas no ensino de Ciências. Disponível em: http://fernandosantiago.com.br/histcie8.pdf. Acesso em: 13 maio 2022.

Orientações didáticas

A revolução científica que ocorreu com Copérnico, Galileu, Kepler e Newton, entre outros, a partir do Renascimento, combinava uma racionalidade com empirismo, dando à observação um papel primário (mas que pode ser questionado) na investigação da natureza. Aceitava-se ainda que havia uma ordem apreensível aos humanos na natureza.

Galileu fez diversas descobertas com o telescópio. Além das luas de Júpiter explicadas no texto, ele observou crateras na superfície da Lua – que indicam que esse corpo celeste possui um chão, tal como a Terra, e que não é um corpo esférico perfeito, como vários pensadores imaginavam. Galileu também percebeu a existência de manchas na superfície do Sol e as fases de Vênus. Essa última descoberta não era explicada pelo modelo geocêntrico.

É importante salientar com os estudantes que os modelos científicos não são necessariamente substituídos por outros pelo fato de não predizerem determinada observação ou não explicarem determinado fenômeno. Há tensões e embates tanto no âmbito científico quanto em outros, como o pessoal, em que há disputas em torno da autoridade e do prestígio dos cientistas e suas influências no campo científico e no público em geral. Por exemplo, no caso de Galileu, havia um sério questionamento se o que era observado pela luneta era de fato a realidade. A condenação do italiano por heresia – passando os últimos dias de vida em prisão domiciliar – também ilustra como as consequências desses embates podiam influenciar na aceitação das ideias de Galileu por outras pessoas.

#Para refletir

1. Espera-se que os estudantes reflitam sobre os desdobramentos do pensamento científico provocado pelo estudo da natureza e das mudanças no modo de pensamento e compreensão (paradigmas). Uma das mudanças vivenciadas na época foi a compreensão de que não estamos no centro do Universo e que poderíamos viver em apenas um de muitos outros mundos.

Orientações didáticas

Neste momento, discute-se a importância dos trabalhos de Johannes Kepler e de Isaac Newton. Kepler teve por base dados experimentais resultantes da observação, em sua maioria, do astrônomo dinamarquês Tycho Brahe, com quem trabalhou. O modelo matemático de órbitas elípticas proposto por Kepler resultou da busca por reproduzir essas observações. No entanto, o cientista descreve, mas não dá uma razão física do porquê de os planetas possuírem as órbitas elípticas. Quem faz isso é Isaac Newton, ao propor a existência de uma força gravitacional que depende das massas dos planetas e do Sol e do quadrado da distância que os separa. Com isso, explica-se o movimento orbital descrito por Kepler.

Destaque com os estudantes que, embora as órbitas dos planetas sejam elipses, elas são muito próximas de circunferências. Um resultado importante do fato de as órbitas serem elípticas é que a distância dos planetas até o Sol varia ao longo do ano. Alguns estudantes tendem a relacionar a variação dessa distância com as estações do ano. Se isso acontecer em aula, esclareça que as estações não estão relacionadas com a distância ao Sol, e sim com a diferença de insolação nos dois hemisférios da Terra ao longo do ano devido à inclinação do eixo imaginário de rotação da Terra.

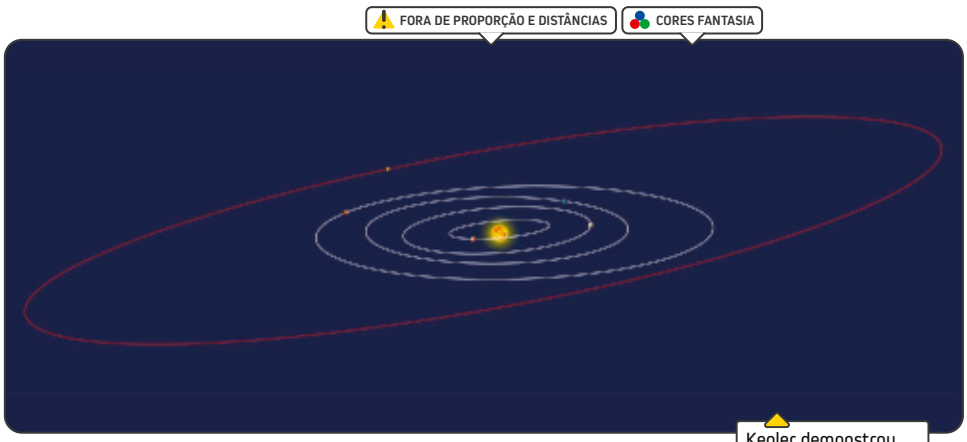
Note que a evolução do modelo planetário do Sistema Solar está intimamente ligada às observações e, portanto, ao desenvolvimento e aperfeiçoamento do telescópio. É provável que muitos estudantes associem Galileu como o inventor desse equipamento. No entanto, essa informação não está correta. A luneta foi inventada na Holanda, por volta de 1608. Em 1609, Galileu ficou sabendo desse invento e construiu a própria versão.

No boxe *#Para saber +*, indicamos vários materiais sobre a invenção e o desenvolvimento dos telescópios. Esses instrumentos ocupam papel central nas investigações sobre o Sistema Solar e sobre o Universo. Caso tenha um telescópio disponível, sugerimos que o leve para a aula para demonstrar o funcionamento dele. Note, no entanto, que telescópios não devem ser utilizados para observação durante o dia, principalmente observações do Sol, a menos que possuam filtros adequados.

As propostas de Kepler, na realidade, tratavam-se de uma grande mudança de paradigma em relação aos modelos cosmológicos: a Terra não estava mais no centro do Universo nem as órbitas eram circulares. Com isso, o valor da velocidade dos planetas passou a ser entendido como variável: maior quando eles estão mais próximos do Sol e menor quando estão mais distantes.

Mais um fator contribuiu para que o modelo heliocêntrico passasse a ser aceito pelos demais estudiosos da área: os trabalhos do físico e matemático inglês Isaac Newton (1643-1727). Newton propôs que as massas se atraem por meio de uma força da gravidade que depende do valor dessas massas e também está relacionada com a distância entre elas. Como corpos celestes têm muita massa, mesmo a grandes distâncias, eles podem se atrair gravitacionalmente.

A proposta de as massas se atraírem por meio de uma força da gravidade era coerente com as leis de Kepler, dando a elas um embasamento também teórico. Assim, além de outros fatores, como a mudança na visão de mundo da época e do prestígio de Kepler e Newton, o fato de haver um suporte tanto teórico quanto empírico contribuiu para o modelo heliocêntrico ser consenso.



R2 Editorial/Arquivo da editora

Com o passar do tempo, as observações do céu foram se desenvolvendo ainda mais. Novas técnicas observacionais e mais qualidade na produção do vidro usado para fazer as lentes das lunetas foram muito importantes para o desenvolvimento de telescópios. Combinando espelhos e lentes, os telescópios puderam captar mais luz do que as lunetas e, com isso, fornecer mais detalhes dos corpos observados.

Nos últimos quatrocentos anos, os telescópios tornaram-se ferramentas fundamentais para a observação celeste. Com isso, mais uma vez ampliou-se o conceito de Universo. Em meados do século XX, por exemplo, o astrônomo estadunidense Edwin Powell Hubble (1889-1953) propôs que diversos corpos nebulosos já conhecidos estavam, na realidade, a uma distância muito maior do que se imaginava. Hubble argumentou que tais estruturas estão fora da galáxia em que o planeta Terra se encontra, revelando, assim, um Universo ainda maior do que aquele conhecido até então.

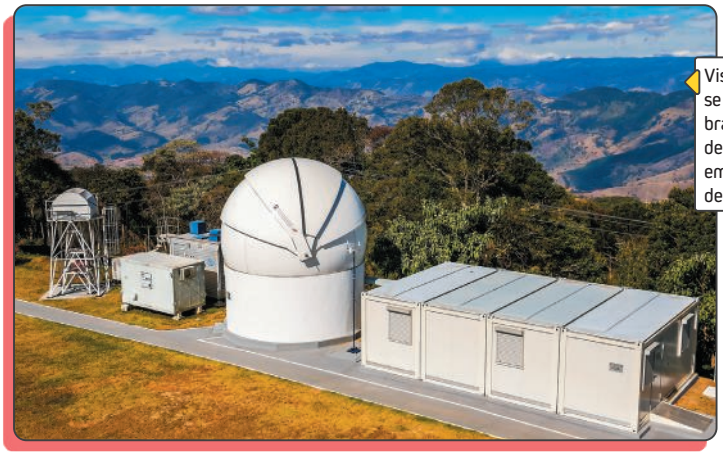
Reprodução do Livro do Estudante em tamanho reduzido.

#Para saber

Astronomia antes dos telescópios
Nessa videoaula, com cerca de 27 minutos de duração, o professor João Steiner (1950-2020), astrônomo brasileiro, fala sobre como eram feitas medidas e observações astronômicas antes da invenção do telescópio.
Disponível em: https://www.youtube.com/watch?v=Mr97PrJZCag.

Como funcionam os telescópios
O vídeo, com cerca de 7 minutos de duração, explica o funcionamento dos telescópios a partir dos princípios da Ótica. Mostra também os tipos de telescópios e como é possível fazer observações em espectros invisíveis, como infravermelho e ultravioleta.
Disponível em: https://www.youtube.com/watch?v=FG215URhvhQ.

Atualmente, há diversos telescópios espalhados pelo planeta: desde grandes telescópios, frutos da colaboração internacional, até pequenos telescópios de astrônomos amadores que colaboram com a pesquisa científica. Há, até, telescópios fora da Terra, como o telescópio orbital Kepler, que comentamos na abertura deste capítulo.



Cadu Rolim/Fotoarena

Vista aérea do LNA-OPD, onde se localiza o maior telescópio brasileiro. Laboratório Nacional de Astronomia, no pico dos Dias, em Itajubá (MG). Fotografia de 2018.

Talvez o telescópio mais famoso seja o telescópio espacial Hubble. Em órbita desde 1990, as imagens que Hubble produziu ajudaram a formar o imaginário a respeito do Universo de toda uma geração. A popularidade de suas imagens foi tamanha que elas foram comercializadas em produtos, como quebra-cabeças, camisetas e capas de disco.

Com tratamento computacional, várias fotografias tiradas pelo Hubble são combinadas e coloridas para ressaltar algum elemento que se queira destacar. Por exemplo, estrelas compostas principalmente de hidrogênio podem ser destacadas com a cor laranja. Por esse motivo, as imagens divulgadas não são, necessariamente, iguais ao que seria visualizado se pudéssemos estar no espaço sideral observando os corpos celestes.

Reprodução/NASA

O telescópio espacial Hubble em sua órbita de 600 km acima da Terra. Fotografia obtida em missão de manutenção do telescópio, em 1997.

#Estude

- **Por que colocamos telescópios no topo das montanhas?**
Disponível em: https://parajovens.unesp.br/por-que-colocamos-telescopios-no-topo-das-montanhas/. Acesso em: 20 abr. 2023.
O texto apresenta brevemente a história do desenvolvimento dos telescópios, além de informações sobre seu uso e novas tecnologias relacionadas a eles.

- **As 50 cinquenta melhores fotografias captadas pelo Hubble**
Disponível em: https://www.natgeo.pt/photography/2018/06/50-melhores-fotografias-captadas-pelo-hubble?image=hubble-01-pillars-of-creation-visible-light-1080v. Acesso em: 21 fev. 2022.
Matéria da *National Geographic*, de junho de 2018, com a seleção de cinquenta imagens consideradas as mais bem captadas pelo telescópio espacial Hubble.

Reprodução do Livro do Estudante em tamanho reduzido.

Orientações didáticas

#Atividade complementar

Linha do tempo do Renascimento na ciência

O contexto do Renascimento nas Ciências é riquíssimo e conta com a participação de muitos personagens. Especificamente no que se refere às descobertas sobre o Sistema Solar, incluem-se pelo menos quatro nomes: Nicolau Copérnico, Galileu Galilei, Johannes Kepler e Isaac Newton.

Uma maneira de destacar as contribuições de cada um é construindo uma linha do tempo da ciência. Para isso, sugere-se a criação de um arquivo de apresentação de *slides* compartilhado. Os estudantes podem ser organizados em quatro grupos, e cada um ficar responsável pelos dados relacionados a um cientista. Cada grupo deve incluir dados, fotos, ilustrações ou quaisquer outros recursos sobre um dos cientistas, de modo que se construa colaborativamente um resumo do assunto, ao qual todos terão acesso. Ao final, a linha do tempo completa pode ser apresentada aos estudantes e cada grupo pode comentar o trecho elaborado e as informações inseridas.

Qual é a diferença entre luneta e telescópio?
Existem dois tipos de telescópios, os refratores (que utilizam lentes, também chamados de lunetas) e os refletores (que utilizam espelhos). Esse texto explica as diferenças e os princípios de funcionamento entre esses dois equipamentos.
Disponível em: https://www.terra.com.br/noticias/educacao/voce-sabia/qual-e-a-diferenca-entre-luneta-e-telescopio,588de88ca23bd310VgnVCM20000099cceb0aRCRD.html.

Em que momento da história descobrimos que estamos dentro de uma galáxia?
O texto relata a descoberta de que o Sistema Solar faz parte de uma galáxia e que existem inúmeras outras galáxias no Universo.
Disponível em: https://revistagalileu.globo.com/Ciencia/Espaco/noticia/2020/02/em-que-momento-da-historia-descobrimos-que-estamos-dentro-de-uma-galaxia.html. Acesso em: 13 maio 2022.

Orientações didáticas

As atividades a seguir têm a proposta de retomar o que foi tratado até aqui no capítulo e explorar as competências específicas 5, 7 e 8 de Ciências da Natureza.

#Atividades

1. a) Modelos geocêntrico e heliocêntrico. No modelo geocêntrico, a Terra está fixa no centro, enquanto o Sol, a Lua e os demais planetas orbitam em torno dela. Os planetas se movem em circunferências menores, chamadas de epiciclos. No modelo heliocêntrico, o Sol ocupa o centro do Sistema Solar, com a Terra e os demais planetas em movimento ao seu redor.

b) Espera-se que os estudantes façam esquemas como os apresentados no tópico *#A compreensão do Universo está em transformação*.

c) Espera-se que os estudantes apontem que o modelo geocêntrico era inicialmente mais simples de ser compreendido e tinha como base uma concepção de Universo que teria a Terra como centro. Além disso, considerava uma perfeição nos astros do céu, refletida nas órbitas circulares e no valor constante da velocidade de órbita, pois coincidia com a grande maioria das observações realizadas do céu. Contudo, o fato de não explicar alguns movimentos anômalos provocou contestações. Tentativas de melhorar o modelo o tornaram mais complexo de ser representado, o que, aliado a outros fatores, culminou na aceitação do modelo heliocêntrico. Ao considerar o Sol como centro do Universo e desconsiderar a ideia de que os planetas se moviam em epiciclos, o modelo heliocêntrico foi simplificado e tinha suporte nas observações.

2. A resposta à questão proposta está no Livro do Estudante.

II. A ideia dominante na Grécia antiga, como para Aristóteles e Ptolomeu, era de que a Terra estava no centro do Universo e se movia em círculos perfeitos ao redor do Sol.

III. Copérnico defendia a ideia de que o Sol estava no centro do Universo e os demais astros giravam em órbitas circulares ao seu redor.

3. Espera-se que os estudantes destaquem alguns momentos da história da ciência que revelam como o conceito de Universo se modificou à medida que nosso conhecimento sobre os astros foi ampliado. Um desses momentos foi quando Edwin Hubble descobriu galáxias distantes, provando que o Universo não é formado apenas pela Via Láctea.

4. a) A resposta à questão proposta está no Livro do Estudante.

b) A resposta à questão proposta está no Livro do Estudante. O modelo de Terra plana foi descartado devido a diversas evidências científicas, algumas estudadas no 6º ano, como a observação de objetos sumindo no horizonte, a projeção de sombras em localidades de diferentes latitudes ou, mais recentemente, fotografias do planeta.

c) Resposta pessoal. Uma possível resposta é, de forma respeitosa, argumentar que esse modelo não corresponde às evidências científicas.

d) Propostas como o modelo de Terra plana podem ser caracterizadas como negacionismo científico. Uma possível resposta é que isso pode gerar desinformação para a população, confundindo conceitos baseados em ciência com aqueles embasados em **pseudociências**.

#ATIVIDADES

NÃO ESCREVA NO LIVRO!

Consulte as Orientações didáticas para respostas e comentários das atividades.

1. Ao longo da construção histórica sobre o entendimento do lugar do planeta Terra no Universo, dois modelos tiveram fundamental importância nesse processo.

a) Descreva no caderno quais são esses modelos e suas principais características.

b) Desenhe um esquema de como seriam os modelos geocêntrico e heliocêntrico.

c) Argumente por que, em determinados intervalos de tempo, um desses modelos prevalecia sobre o outro.

2. Com relação aos dois principais modelos de Universo propostos ao longo da história, avalie as afirmativas a seguir como verdadeiras ou falsas. Reescreva as alternativas falsas no caderno, corrigindo-as.

V I. Para os gregos antigos, a Terra estava no centro do Universo, e o Sol, a Lua e os demais planetas giravam ao redor dela.

F II. De acordo com Ptolomeu, a Terra era apenas mais um planeta que se movia em círculos ao redor do Sol.

F III. Copérnico defendia a ideia de que a Terra estava no centro do Universo e todos os demais astros giravam em órbitas circulares ao seu redor.

V IV. Uma grande mudança proposta por Kepler foi descrever os planetas girando em torno do Sol em trajetórias elípticas.

3. Leia a tirinha a seguir.

© Armandinho, de Alexandre Beck/ Acervo do cartunista

BECK, Alexandre. Disponível em: https://www.facebook.com/tirasarmandinho/posts/1891817997530164?comment_id=1891856634192967&_rdr. Acesso em: 26 abr. 2022.

O que você entende da conversa dos personagens da tirinha? Há alguma relação entre a conversa e a ampliação do conceito de Universo comentado ao longo do capítulo? Apresente argumentos com base no que você aprendeu para justificar sua resposta.

4. Você já teve contato com um modelo de Terra com formato plano? Neste modelo, o Sol e os outros astros celestes seriam menores do que o planeta e se movimentariam sobre ele em uma espécie de cúpula.

a) Em relação ao astro central, esse modelo seria mais próximo ao geocentrismo ou ao heliocentrismo? Explique. **4. a)** Mais próximo ao geocentrismo, pois considera a Terra como centro do Universo.

b) Esse é um modelo que pode ser considerado correto, diante das evidências científicas atuais? Para embasar sua resposta, faça uma pesquisa, em livros ou na internet, sobre evidências do formato arredondado da Terra. **4. b)** Não. Consulte as Orientações didáticas.

c) Quais argumentos você usaria para debater com um defensor do modelo de Terra plana? E com um defensor do modelo geocêntrico?

d) Em sua opinião, de que maneira o espaço dedicado a debater o formato da Terra na mídia e nas redes sociais afeta as pessoas e a sociedade?

Reprodução do Livro do Estudante em tamanho reduzido.

#Sistemas planetários

Atualmente, entendemos que a Terra é apenas um dos milhares de planetas que orbitam estrelas. Entretanto, nem todas as estrelas apresentam planetas em sua órbita.

Em virtude da atração da gravidade, algumas estrelas são capazes de manter corpos orbitando ao seu redor, como planetas, luas, cometas e asteroides. Quando isso ocorre, dizemos que há formação de um sistema planetário.

Para compreendermos a estrutura e a formação desses sistemas, vamos iniciar o estudo do sistema planetário do qual a Terra faz parte: o Sistema Solar.

Sistema Solar

O Sistema Solar é formado pelo Sol, e, atualmente, considera-se que oito planetas orbitam ao redor dele, ou seja, movimentam-se ao redor, além de satélites naturais e milhares de outros pequenos corpos, como asteroides e cometas.

A teoria mais aceita atualmente sobre a origem do Sistema Solar propõe que a sua formação ocorreu há 4,6 bilhões de anos, a partir de uma nuvem de gás e poeira em rotação chamada **nebulosa**.

Estima-se que, com o tempo, tenha ocorrido a aglomeração de matéria em certas regiões dessa nuvem, devido à atração gravitacional, até que, em uma dessas regiões de aglutinação de matéria, houve a formação do Sol. Após essa formação, a nuvem de gás e poeira inicial se dispersou em um disco, o que possibilitou a formação de **protoplanetas**, novamente pelo processo de aglutinação de matéria. Estima-se que, pouco mais de 100 milhões de anos depois, o processo de formação se estabilizou na configuração de planetas e demais corpos celestes de modo similar ao que conhecemos atualmente.

Representação artística do processo de formação do Sistema Solar.

O Sol

O Sol é a estrela mais próxima da Terra, situada a 150 milhões de quilômetros de distância. Seu diâmetro equivale a 109 vezes o da Terra e sua massa é 333 mil vezes superior ao planeta. Sozinho, o Sol representa 99,85% de toda a matéria do Sistema Solar. Apesar de esses números parecerem enormes, o Sol é representante de um tipo muito comum de estrelas que existem no Universo, como estudaremos no próximo capítulo.

Reprodução do Livro do Estudante em tamanho reduzido.

Orientações didáticas

Neste momento, sugerimos destacar que anteriormente estávamos fazendo uma abordagem histórica dos modelos geocêntrico e heliocêntrico que são, na realidade, modelos do Sistema Solar, e não do Universo, como antigamente foram considerados. Nossa compreensão atual é de que o Universo é muito mais amplo do que apenas o Sol e os planetas que o orbitam. Neste tópico, serão trabalhadas as habilidades EF09CI14 e EF09CI15.

Comente com os estudantes que o modelo heliocêntrico é o modelo do Sistema Solar e que, além dos planetas, outros corpos celestes fazem parte dele, como asteroides e cometas.

Se achar pertinente, destaque o fato de Plutão não ser mais classificado como planeta. É possível que eles já saibam dessa mudança, que foi muito divulgada na mídia. Contudo, caso observe que eles apresentam curiosidade sobre o tema, pode-se esclarecer que a mudança ocorreu na definição de planeta, como apresentado no boxe *#Para ler*.

#Para ler

O Sistema Solar

[...] O conceito original para a palavra "planeta", utilizado desde a Antiguidade, como um astro errante ou viajante do céu, já não se adequava às novas descobertas científicas. Era urgente que se criasse uma definição científica que melhor caracterizasse o que é um planeta. Sendo assim, durante a vigésima sexta reunião da União Astronômica Internacional (UAI), entidade responsável, entre outras atribuições, pela regulamentação de nomenclaturas, classificações e definições utilizadas na Astronomia, a polêmica foi resolvida a partir da criação de um novo conceito para a palavra planeta.

A partir deste novo conceito, os planetas e outros corpos do Sistema Solar ficaram definidos em três categorias distintas:

- **Planetas clássicos:** "são corpos celestes que orbitam o Sol, que têm massa suficiente para ter gravidade própria para superar as forças rígidas de um corpo de modo que assuma uma força equilibrada hidrostática, ou seja, redonda e que definiram as imediações de suas órbitas". São eles: Mercúrio, Vênus, Terra, Marte, Júpiter, Saturno, Urano e Netuno;
- **Planetas anões:** "são corpos celestes que orbitam o Sol, que têm massa suficiente para ter gravidade própria para superar as forças rígidas de um corpo de modo que assumam uma forma equilibrada hidrostática, ou seja, redonda, mas que não definiram as imediações de suas órbitas e que não são satélites." Até o momento são considerados planetas anões: Plutão, Ceres, Eris [Haumea e Make-make]. [...]
- **Pequenos corpos:** "todos os outros corpos que orbitam o Sol, que não sejam satélites, serão referidos coletivamente desta forma".

SILVA, E. M. E. da. O Sistema Solar. *Planetário da UFSC*. Florianópolis, 6 dez. 2021. Disponível em: https://planetario.ufsc.br/o-sistema-solar/. Acesso em: 13 maio 2022.

Orientações didáticas

Neste tópico, sugerimos comentar as características necessárias para classificar um objeto celeste como um planeta. Isso implica comentar a própria gravidade do planeta. No boxe *#Para ler*, há um texto de apoio sobre o tema.

Depois, sugerimos que comente sobre os satélites, aproveitando para diferenciar um satélite natural de um satélite artificial. Este momento pode ser oportuno para propor uma breve pesquisa, em que os estudantes devem verificar quantos satélites naturais cada planeta do Sistema Solar possui. Ao buscar essa informação, é provável que alguns estudantes encontrem valores diferentes. Caso isso ocorra, é interessante ressaltar a importância de pesquisar em diversas fontes, confrontar as informações e conferir se elas estão atualizadas. O resultado das pesquisas pode ser discutido em uma roda de conversa.

#Para ler

Por que os planetas, estrelas e luas são sempre redondos?

Segundo o professor Enos Picazzio, do Instituto de Astronomia, Geofísica e Ciências Atmosféricas da Universidade de São Paulo (USP), isso acontece por culpa da gravidade. "É essa força a responsável por manter a matéria unida. E a distribuição mais perfeita da matéria se dá na esfera, onde todos os pontos da superfície ficam à mesma distância do centro e sob a mesma força gravitacional", diz. No entanto, esses corpos celestes dificilmente têm o formato de uma bola perfeita, isso porque o movimento de rotação das estrelas e planetas costuma deformar seus polos. "Quanto mais rápido um corpo gira sobre si mesmo, mais achatada é a sua forma. Júpiter é bem mais achatado que o Sol, apesar de ter massa muito menor. Isso ocorre porque o período de rotação médio de Júpiter é de pouco menos que 10 horas e o do Sol é de aproximadamente 29 dias", diz o professor.

Por Revista Galileu. Por que os planetas, estrelas e luas são sempre redondos? *Galileu*, São Paulo, ed. 269, dez. 2013.

Planetas, satélites naturais e pequenos corpos do Sistema Solar

Planetas são corpos que se formaram em órbita do Sol. Têm formato arredondado em razão da própria gravidade. Além disso, devem ser o objeto preponderante em sua órbita.

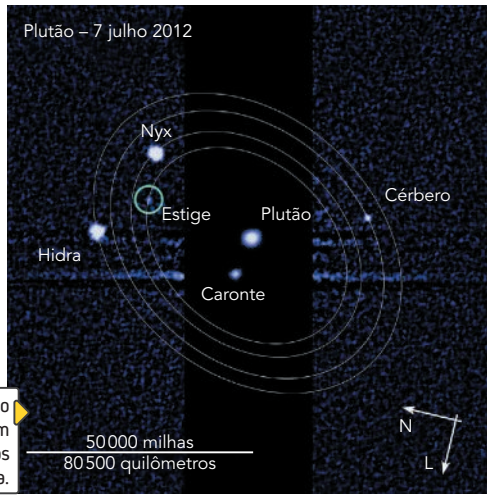
Satélites naturais são corpos encontrados em órbita de planetas e podem ter formatos arredondados, como a Lua, ou não, como é o caso de Fobos e Deimos, satélites naturais de Marte, que exibem formato mais parecido com o de batatas.

Dotted Yeti/Shutterstock

Composição artística de Marte e seus dois satélites naturais: Fobos e Deimos.

Ao longo dos últimos cinquenta anos, foram identificados diversos corpos que compartilham sua órbita com outros corpos de tamanho semelhante, o que torna complexo determinar quem é o predominante. Por este motivo, desde 2008, Plutão não é mais considerado um planeta pela União Astronômica Internacional (IAU), mas, sim, um pequeno corpo do Sistema Solar, nomenclatura que lhe rendeu a classificação de "planeta-anão".

Plutão compartilha sua órbita com Caronte. Como os dois corpos celestes têm dimensões muito próximas, é impossível definir qual deles é o principal. Além desses dois corpos, o sistema Plutão-Caronte também contém mais quatro satélites naturais que orbitam ambos.



ESA, and L. Frattare (STScI)/NASA

Registro do sistema Plutão-Caronte, obtido pelo telescópio Hubble em 2012. As linhas foram acrescentadas para evidenciar a órbita dos satélites naturais desse sistema.

A classificação de pequenos corpos também inclui os asteroides do cinturão principal (situados entre as órbitas de Marte e Júpiter) e do cinturão de Kuiper (além da órbita de Netuno), além dos cometas e diversos outros objetos espalhados pelo Sistema Solar.

#Estude

Astrolab | Pequenos corpos do Sistema Solar
Disponível em: https://www.youtube.com/watch?v=Y4EXt5wcPWk. Acesso em: 21 fev. 2022.
O episódio do programa Astrolab, produzido pela TV Unesp e com cerca de 6 minutos de duração, traz informações e imagens de pequenos corpos, além de curiosidades e discussões de fenômenos associados a esses objetos capazes até mesmo de influenciar a vida na Terra.

Reprodução do Livro do Estudante em tamanho reduzido.

#Para saber

A nova definição de planeta
No texto indicado, você encontra a definição de planeta aprovada na Assembleia Geral de 24 de agosto de 2006, da União Astronômica Internacional (UAI), além de uma explicação detalhada sobre a mudança de classificação de Plutão.
Disponível em: http://www.astro.iag.usp.br/~dinamica/iau-planeta.html.

Plutão e o Cenário em Desenvolvimento do nosso Sistema Solar
No artigo, há uma série de perguntas com respostas sobre os planetas e os pequenos corpos do Sistema Solar.
Disponível em: https://www.iau.org/public/themes/pluto/brazilian-portuguese/.
Acesso em: 13 maio 2022.

Composição e organização dos planetas

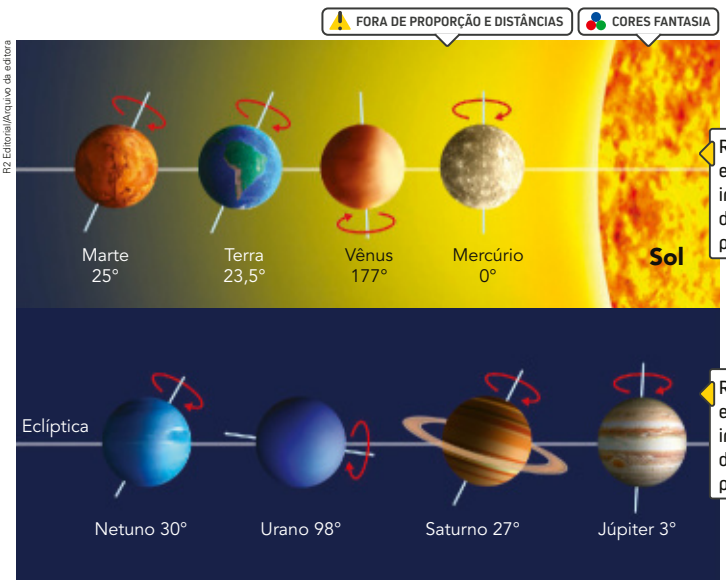
O Sistema Solar pode ser organizado em dois grandes grupos: o dos planetas rochosos e o dos planetas gasosos.

Os planetas rochosos são: Mercúrio, Vênus, Terra e Marte. Suas órbitas estão na região entre o Sol e o cinturão principal de asteroides. Esses planetas têm um ou dois satélites naturais ou, então, nenhum.

Os planetas gasosos encontram-se entre o cinturão principal de asteroides e o cinturão de Kuiper. São eles: Júpiter – o maior planeta do sistema –, Saturno, Urano e Netuno. Todos são formados por uma atmosfera densa, não apresentam crosta, têm muitos satélites naturais e anéis, sendo os de Saturno os mais perceptíveis.

O cinturão de asteroides principal e o cinturão de Kuiper são compostos de diversos grupos de pequenos corpos formados por rocha e gelo. Os modelos de formação do Sistema Solar sugerem que esses corpos possam ter se originado no período mais agitado da formação do sistema planetário, a partir da colisão entre planetas em formação. Por isso, eles podem ser considerados resquícios da época de formação do Sistema Solar. Alguns podem ter satélite naturais, sistemas de anéis e até uma tênue atmosfera.

Todos os planetas do Sistema Solar orbitam o Sol, aproximadamente, no mesmo plano, chamado eclíptica. Entretanto, cada planeta apresenta uma inclinação diferente do eixo de rotação, conforme ilustram as imagens a seguir.



R2 Editorial/Arquivo da editora

Apesar de as ilustrações representarem os planetas em distâncias semelhantes entre si e em relação ao Sol, esses valores variam. Para medirmos distâncias no Sistema Solar, é comum utilizarmos a distância Terra-Sol como unidade de comparação. Essa distância é chamada de unidade astronômica (UA). Mercúrio, por exemplo, está a 0,387 UA de distância do Sol, enquanto Marte está a 1,524 UA.

1 UA equivale a 150 milhões de quilômetros (distância Terra-Sol).

Reprodução do Livro do Estudante em tamanho reduzido.

Orientações didáticas

O objetivo deste tópico é explorar as características do Sistema Solar como um todo, desenvolvendo a habilidade EF09CI14. Entre as características apresentadas, algumas já foram citadas no decorrer do texto, portanto os estudantes não devem ter grandes dificuldades na compreensão do assunto.

Ao comentar que os planetas orbitam aproximadamente no mesmo plano (eclíptica), é importante ressaltar que isso é um dos indícios do processo de formação do Sistema Solar, apresentado no tópico *#Sistemas planetários*.

O fato de todos os planetas orbitarem no mesmo sentido também corrobora essa hipótese.

É possível que os estudantes se surpreendam ao saber que todos os planetas gasosos possuem anéis, visto que Saturno é normalmente o único planeta associado à presença de anéis. De fato, os anéis de Saturno são os maiores e mais facilmente observados, mas é possível também observar os anéis dos demais planetas gasosos. Em uma busca na internet, visualizam-se imagens desses planetas que podem ser usadas em aula para ilustrar esse fato, caso considere conveniente.

Ainda sobre os anéis de Saturno, é importante destacar que, apesar de parecerem densos, eles são extremamente tênues e formados por grãos de rochas e gelos, ou seja, não são uma estrutura sólida. Os anéis dos demais planetas gasosos são ainda mais tênues, daí a dificuldade de serem observados.

#Para saber

Solar System Scope
O aplicativo possibilita fazer uma viagem pelo Sistema Solar como se você estivesse no controle de uma nave espacial viajando pelo Universo. Disponível em: https://www.solarsystemscope.com/. Acesso em: 14 maio 2022.

#Atividade complementar

Observando o Sistema Solar com o Solar System Scope

O objetivo desta atividade é observar algumas das propriedades do Sistema Solar. Se sua escola possuir um laboratório de informática, sugerimos utilizá-lo para desenvolver a atividade de modo que cada estudante possa fazê-la individualmente. Essa atividade favorece o trabalho com **culturas juvenis**.

1. Cada estudante deverá acessar o *site* do Solar System Scope (indicado no boxe *#Para saber* +). Os primeiros momentos podem ser usados para exploração livre do aplicativo, a fim de se habituarem aos comandos e à interface do simulador.
2. Ao clicar na caixa com a data, é possível alterar a velocidade da simulação. Peça aos estudantes que cliquem e acelerem o tempo e, utilizando o botão de rolagem, ao centro do *mouse*, observem o Sistema Solar de cima. Peça que observem as diferentes velocidades de translação dos planetas, mais longe e mais próximos do Sol.
3. Peça que observem agora o Sistema Solar de perfil, movimentando a tela ao manter o botão esquerdo do *mouse* clicado. Verifiquem o alinhamento das órbitas no plano da eclíptica.
4. Oriente-os a explorar os planetas do Sistema Solar e observar suas rotações. Apenas Vênus tem rotação no sentido contrário aos demais planetas.
5. Naveguem pelos demais corpos do Sistema Solar: cinturão de asteroides, satélites naturais, planetas anões, etc.

Orientações didáticas

Para iniciar a abordagem, proponha aos estudantes que leiam e observem, individualmente, cada informação do infográfico. As dúvidas que surgirem podem ser discutidas com a turma. Esta é uma oportunidade para retomar informações e conceitos já apresentados e para comparar os objetos celestes.

Uma possibilidade é chamar a atenção dos estudantes para as diferenças entre os planetas gasosos e rochosos. Ressalte que os astros não estão em escala de tamanho entre si no infográfico.

#Para ler

Por que os humanos nunca poderão pousar em Júpiter?

[...]

Mesmo que Júpiter seja o maior planeta do Sistema Solar, ele se parece mais com uma estrela do que com outros astros de sua categoria. Na verdade, enquanto a Terra, Marte, Mercúrio e Vênus são telúricos, Júpiter, Saturno, Urano e Netuno são gasosos.

A atmosfera de Júpiter, formada principalmente por hidrogênio e hélio, é extremamente densa. Assim, em vez de possuir uma camada de atmosfera que recobre a superfície, como acontece com os planetas telúricos, Júpiter é uma gigantesca atmosfera.

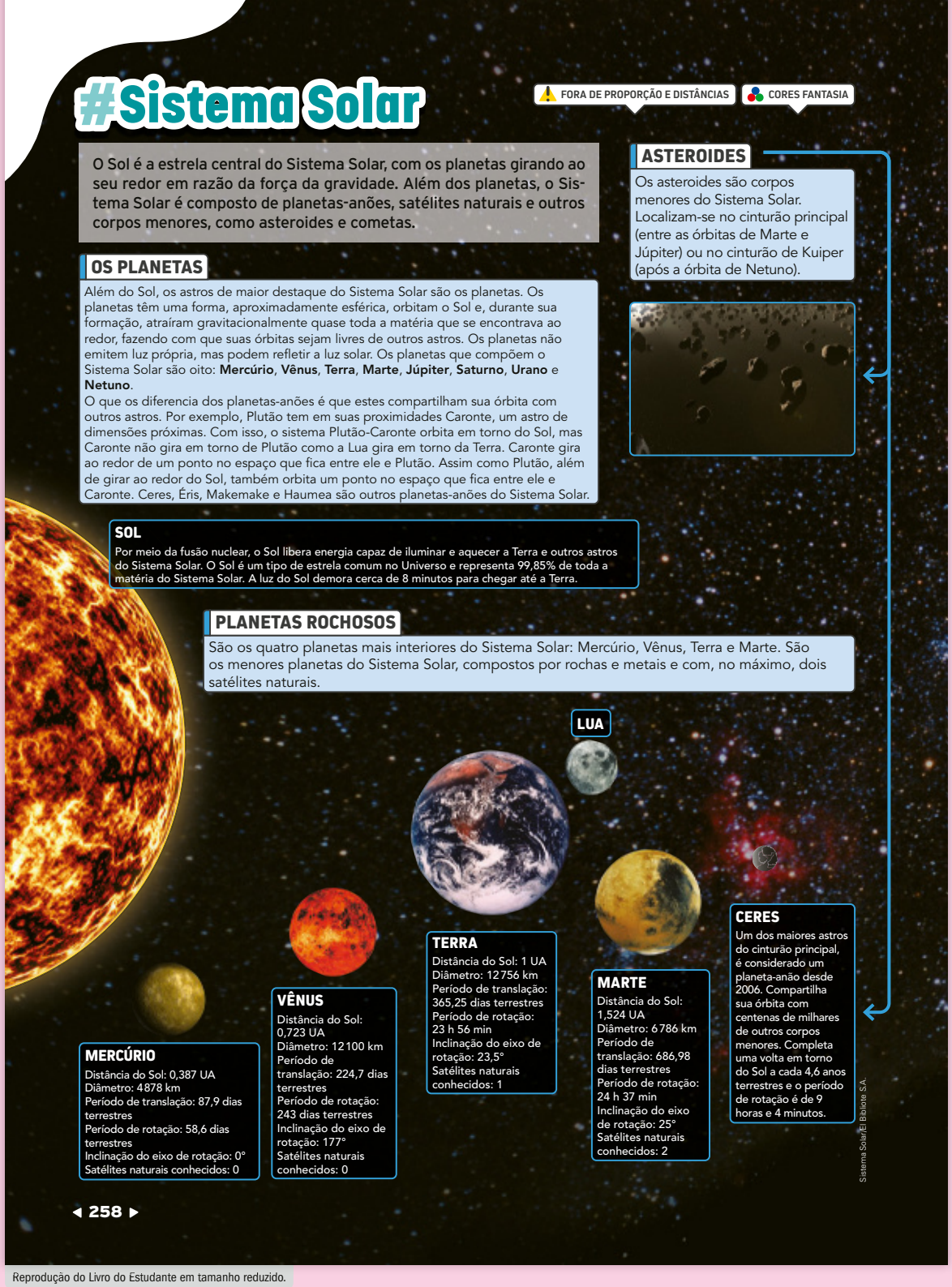
Por isso, não existe em Júpiter uma superfície sobre a qual pousar, e somente é possível sua exploração à distância. Se uma nave humana ingressar no planeta, se depararia com uma camada gasosa e sem oxigênio.

Se a humanidade conseguisse atravessar os mais de 600 milhões de quilômetros que a separam de Júpiter e decidisse enviar a ele uma equipe de astronautas, eles precisariam enfrentar as temperaturas extremamente altas do gás planetário.

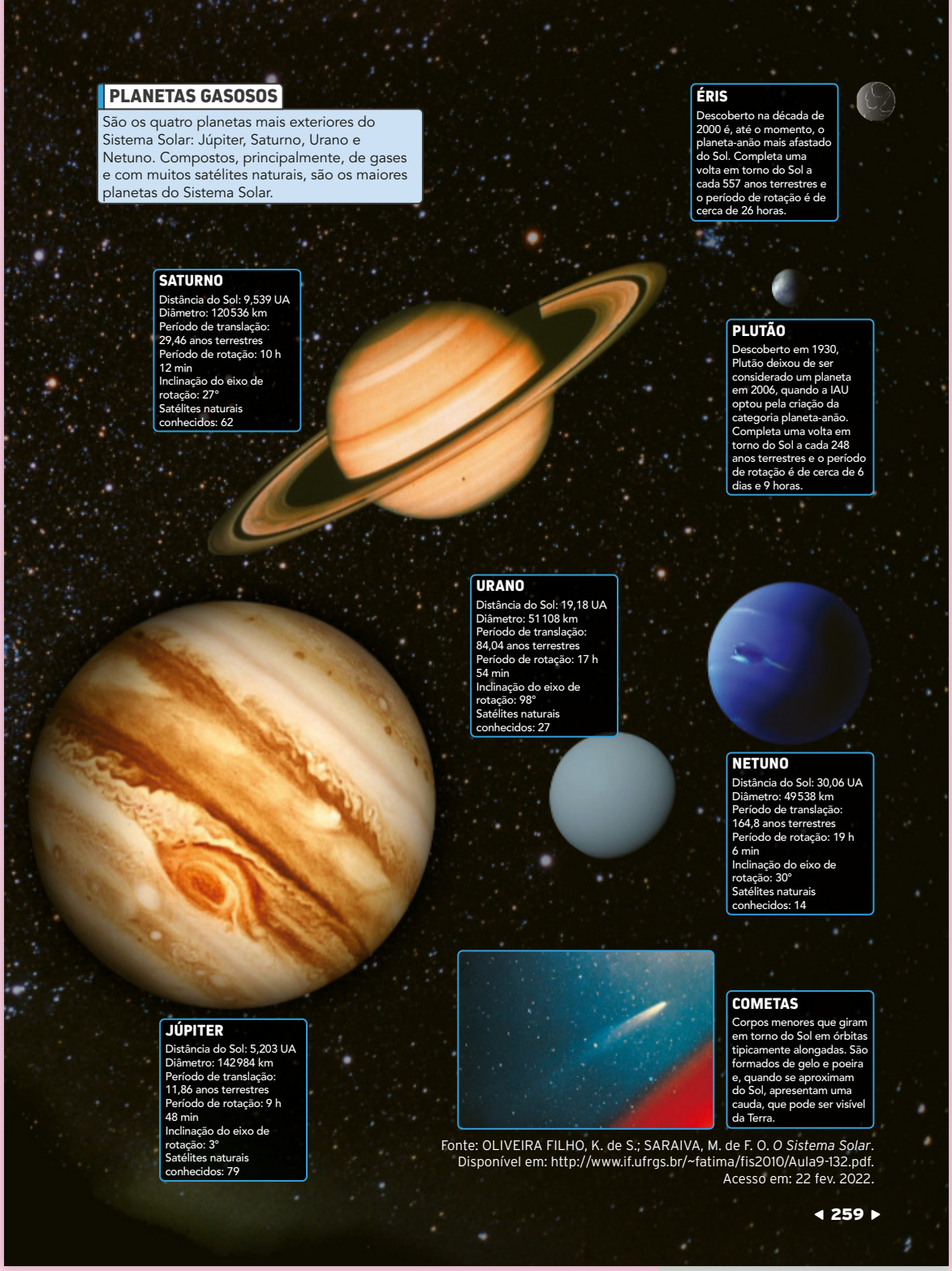
Além disso, [...] em Júpiter a pressão atmosférica aumenta à medida que se avança dentro do astro. Assim, qualquer objeto que entre em território jupiteriano não consegue escapar dele.

Quando a NASA enviou a sonda Galileu em uma missão exploratória a Júpiter, em 1989, ela levou 6 anos para chegar. O pior aconteceu no momento em que a sonda adentrou cerca de 200 quilômetros ao interior da atmosfera. Após 58 minutos, ela foi destruída.

POR que os humanos nunca poderão pousar em Júpiter? *History Channel*, [*S.l.*], 16 ago. 2021. Disponível em: https://history.uol.com.br/ciencia-e-tecnologia/por-que-os-humanos-nunca-poderao-pousar-em-jupiter. Acesso em: 13 maio 2022.



Reprodução do Livro do Estudante em tamanho reduzido.



Fonte: OLIVEIRA FILHO, K. de S.; SARAIVA, M. de F. O. *O Sistema Solar*. Disponível em: http://www.if.ufrgs.br/~fatima/fis2010/Aula9-132.pdf. Acesso em: 22 fev. 2022.

Reprodução do Livro do Estudante em tamanho reduzido.

Orientações didáticas

Sugerimos uma atividade complementar em que os estudantes, em grupos, são estimulados a fazer uma maquete do Sistema Solar.

#Atividade complementar

Maquete do Sistema Solar

Proponha aos estudantes que construam a maquete utilizando materiais recicláveis.

É importante alertá-los para o fato de que eles precisam escolher se vão construir a maquete seguindo as proporções de tamanho entre o Sol e os planetas ou as proporções de distâncias, pois não é possível fazer as duas escalas ao mesmo tempo, de maneira prática. Para exemplificar esse assunto, são apresentadas algumas referências no boxe *#Para saber +*. O *site* do Planetário da UFSC, "O sistema solar", apresenta tabelas com as escalas de tamanho e distâncias entre os corpos celestes do Sistema Solar.

Aliada à produção da maquete, solicite aos estudantes a elaboração de um breve resumo sobre cada componente do Sistema Solar. O texto deve ser disposto ao lado do respectivo elemento, como um cartão de identificação. Algumas informações que podem ser levantadas e auxiliam na compreensão são: qual é o maior planeta, qual é o menor, qual é o mais quente, etc.

As maquetes elaboradas favorecem o autonomia dos estudantes no processo de aprendizagem, além de estimular a busca por novos conhecimentos relacionados ao tema. Os trabalhos elaborados podem ser expostos à comunidade escolar.

#Para saber

O Sistema Solar

Este *site* disponibiliza duas tabelas: uma com a distância média dos planetas em relação ao Sol e outra com a escala dos diâmetros equatoriais dos elementos do Sistema Solar.

Disponível em: https://planetario.ufsc.br/o-sistema-solar/.

Tamanho de planetas e estrelas

Neste *site*, é possível visualizar imagens que ilustram o tamanho dos planetas do Sistema Solar e de estrelas.

Disponível em: http://www.astro.iag.usp.br/~gastao/PlanetasEstrelas/.

Construir um modelo do Sistema Solar à escala

Neste *site*, você encontra informações e um guia para fazer a maquete do Sistema Solar.

Disponível em: http://www.planetario.up.pt/pt/recursos/SistSolarEscala.

Pequenos corpos do Sistema Solar: asteroides, cometas e TNOs

O artigo apresenta informações sobre asteroides, cometas e TNOs, além de questões que estão ainda em aberto.

Disponível em: http://www.astro.iag.usp.br/~incta/Rel_Anual_2009/Anexo_4k_Pequenos-Corpos.pdf.

Acesso em: 14 maio 2022.

Orientações didáticas

O objetivo deste tópico é explorar o Universo para além do Sistema Solar. Para isso, sugerimos que utilize escalas e comparações para tentar tornar os fenômenos mais palpáveis para os estudantes. Por exemplo, se você considerar que a distância da Terra ao Sol é 1 cm, o tamanho total até o limite externo da nuvem de Oort seria 500 m.

Sugerimos também que a estrutura do Universo seja tratada de maneira geral. O Sistema Solar se junta a outras 200 bilhões de estrelas para formar a Via Láctea; que se junta a outras galáxias para formar o Grupo Local, e assim por diante.

Além do Sistema Solar

Ao redor do Sistema Solar encontra-se a nuvem de Oort, que é a fonte de alguns cometas que, ocasionalmente, são observados da Terra. Os cometas são formados de gelo e poeira e apresentam tamanhos típicos de 10 km. Suas órbitas são bem alongadas e, quando se aproximam do Sol (geralmente quando ultrapassam a órbita de Júpiter), começam a evaporar e passam a manifestar uma cauda que pode ser visível da Terra.

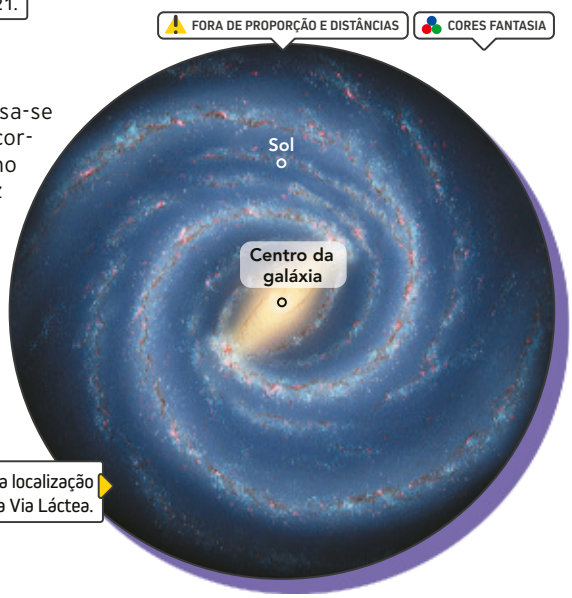
Atualmente, a sonda Voyager 2 (lançada em 1977) está a caminho da nuvem de Oort. Quase cinquenta anos depois, ela ainda envia para a Terra tênues sinais contendo os dados inéditos que consegue coletar nessa região, a cerca de 130 UA de distância em abril de 2022. O dispositivo desenvolvido pela humanidade que está mais distante do planeta é a sonda Voyager 1, também lançada em 1977, que se situava a mais de 155 UA em abril de 2022.

Além do Sistema Solar, bilhões de estrelas, outros bilhões de planetas e estruturas, como aglomerados e nebulosas, compõem uma galáxia. Ao observar o céu noturno em locais afastados dos grandes centros urbanos, pode-se ver um trecho da galáxia em que o planeta Terra está, a Via Láctea.

André Dib/Pulsar Imagens

Registro fotográfico da Via Láctea no Parque Nacional da Chapada dos Veadeiros, na cidade de Alto Paraíso de Goiás (GO), em 2021.

Para medir distâncias na galáxia, usa-se outra medida, o ano-luz. Essa unidade corresponde à distância que a luz percorre, no vácuo, ao longo de um ano. Um ano-luz equivale a, aproximadamente, 9,46 trilhões de quilômetros. Estimativas indicam que a Via Láctea tem extensão de cerca de 120 mil anos-luz de diâmetro. O Sistema Solar não está próximo do centro da galáxia, está em um dos braços de sua periferia, a cerca de 30 mil anos-luz do centro.



JPL-Caltech/NASA

Representação artística da localização aproximada do Sistema Solar na Via Láctea.

#Para ler

Nosso lugar no Universo

A Terra é um planeta, o que significa que ela é um corpo relativamente grande que orbita uma estrela – o nosso Sol.

O Sistema Solar consiste do Sol e de todos os corpos que o orbitam: os oito planetas (incluindo a Terra), com seus satélites e anéis, os asteroides, os cometas e as incontáveis pequenas partículas que compõem o pó interplanetário.

Nosso Sol é uma estrela, como outras estrelas que vemos no céu noturno. As estrelas são imensas esferas de gás incandescente. O Sol e todas as estrelas que podemos ver a olho nu fazem parte de um enorme conjunto de estrelas chamado Via Láctea, a nossa galáxia. Uma galáxia é um enorme conjunto de estrelas no espaço, contendo de algumas centenas de milhares a um trilhão ou mais estrelas. A Via Láctea é uma galáxia relativamente grande, de forma espiral, com mais de 100 bilhões de estrelas. O sistema solar é localizado a aproximadamente 2/3 da distância entre o centro e a borda da galáxia.

Muitas galáxias se encontram agrupadas, formando aglomerados de galáxias. A Via Láctea pertence a um aglomerado bem pequeno, com aproximadamente 50 galáxias, chamado Grupo Local.

Os grupos e aglomerados de galáxias também tendem a se concentrar em certas regiões, formando estruturas gigantescas chamadas superaglomerados de galáxias. O Grupo Local de galáxias pertence a um superaglomerado chamado Superaglomerado Local.

Em grande escala, o universo tem a aparência de uma esponja. Os superaglomerados de galáxias formam as "paredes" da esponja; entre eles existem enormes vazios contendo poucas ou nenhuma galáxia, que na nossa analogia seriam as partes ocas da esponja.

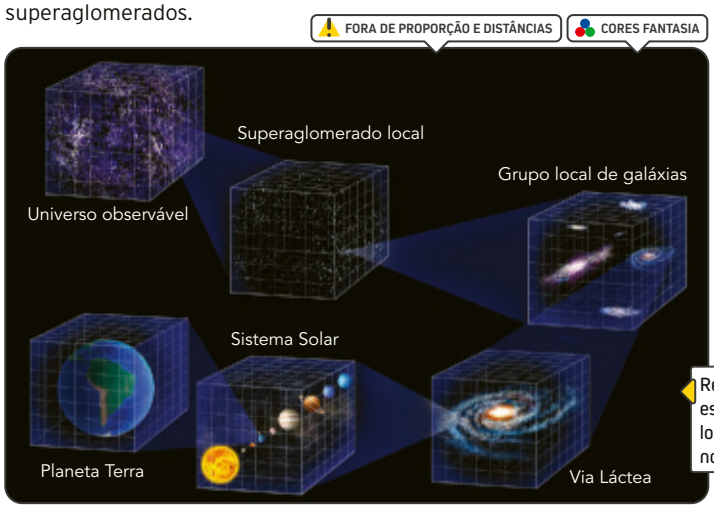
Finalmente, o **universo** é formado pelos superaglomerados de galáxias, os vazios, e tudo o que tem dentro deles. Toda a matéria e toda a energia existente constituem a nosso universo.

SARAIVA, M. de F. O. Nosso lugar no Universo. *Instituto de Física UFRGS*. Porto Alegre, ago. 2013. Disponível em: http://www.if.ufrgs.br/~fatima/ead/endereco-cosmico.htm. Acesso em: 13 maio 2022.

Reprodução do Livro do Estudante em tamanho reduzido.

A Via Láctea não está isolada no Universo. Ela faz parte de um grupo local de galáxias, que estão unidas por sua atração gravitacional. A galáxia mais próxima é a de Andrômeda, localizada a cerca de 2,54 milhões de anos-luz de distância da Terra.

Por sua vez, os grupos locais de galáxias interagem, formando uma estrutura ainda maior chamada superaglomerados locais, que contêm trilhões de galáxias. O Universo observável é formado por diversos superaglomerados.



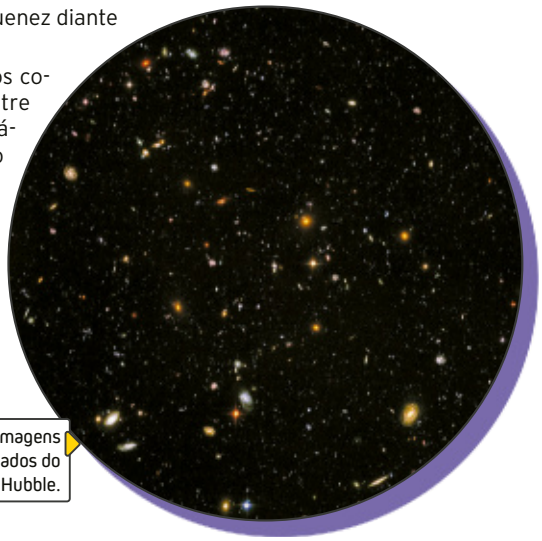
R2 Editorial/Arquivo da editora

Representação esquemática da localização da Terra no Universo.

Elaborado com base em: BENNETT, J. *et al. The Cosmic Perspective*. 8th ed. London: Pearson, 2016.

Pensar que a Terra é um planeta girando ao redor de uma estrela da Via Láctea, que contém de 200 bilhões a 400 bilhões de estrelas, e que a Via Láctea é apenas uma galáxia entre cerca de 2 trilhões de galáxias que existem, nos mostra nossa pequenez diante do que conhecemos do Universo.

Uma imagem, composta a partir de dados coletados pelo telescópio espacial Hubble entre 2003 e 2004, apresenta mais de 5 mil galáxias, um número insignificante em relação ao tamanho Universo, mas que já mostra um pouco de sua imensidão. A imagem retrata um pedaço relativamente diminuto do céu, na constelação Fornalha, mas registra com luz visível galáxias distantes a até 13 bilhões de anos-luz. As estruturas mais tênues na imagem têm um bilionésimo do brilho que o olho humano é capaz de perceber.



ESA/NASA

Composição de imagens feitas com dados do telescópio espacial Hubble.

Reprodução do Livro do Estudante em tamanho reduzido.

#Para saber

Missão Voyager
Site da NASA que mostra em tempo real a distância e a velocidade das sondas Voyager 1 e 2. Também apresenta diversos dados coletados ao longo de quase 50 anos de missão de exploração do Sistema Solar.
Disponível em: https://voyager.jpl.nasa.gov/.

Este é maior mapa 3D do universo já feito – e o projeto ainda está só começando
Reportagem que apresenta o mapa 3D mais detalhado do Universo. O trabalho é resultado de sete meses da pesquisa feita pelo Dark Energy Spectroscopic Instrument (DESI). O mapa apresenta 7,5 milhões de galáxias a uma distância de cerca de 5 bilhões de anos-luz na direção da constelação de Virgem, apesar de representar apenas 10% da missão prevista para durar 5 anos.
Disponível em: https://canaltech.com.br/espaco/este-e-maior-mapa-3d-do-universo-ja-feito-e-o-projeto-ainda-esta-so-comecando-206665/.

A escala do Universo
Animação interativa que mostra as grandes e as pequenas escalas do Universo. Pode-se aproximar ou afastar os objetos, com mais *zoom* ou menos *zoom*. Ao clicar nos objetos, exibe informações sobre eles.
Disponível em: https://htwins.net/scale2/.
Acesso em: 15 maio 2022.

Orientações didáticas

As atividades propostas trabalham as habilidades EF09CI14 e EF09CI15, as competências gerais 4, 5, 7 e 10 e as competências específicas 3 e 6 de Ciências da Natureza, além de revisar os assuntos estudados nesse capítulo.

#Atividades

1. a) Uma resposta possível é que a observação do Universo inicia com a observação direta da noite estrelada. O uso de lunetas e telescópios pode contribuir para essa observação, mas não é necessário. Aplicativos podem contribuir para a identificação dos astros.

b) Os estudantes podem citar o Sol; a Lua; os planetas Mercúrio, Vênus, Marte, Júpiter e Saturno; as estrelas de nossa galáxia; e a Via Láctea. Esses objetos podem ser identificados a olho nu. Para observar Netuno e Urano, é necessário o uso de telescópios. Para perceber a Via Láctea, é necessário estar em um local afastado de luzes urbanas. As galáxias de Andrômeda, Pequena Nuvem de Magalhães e Grande Nuvem de Magalhães são visíveis a olho nu em locais remotos. Outras galáxias podem ser observadas com o auxílio de telescópios mais sofisticados. Os aglomerados e os superaglomerados não são possíveis de serem observados.

c) É preciso ter autorização da escola e de familiares do estudante, definir um local e horário de encontro, além do meio de transporte para a atividade de observação, entre outros. Inclusive, familiares podem participar da atividade proposta. É importante consultar anteriormente a previsão do tempo, evitando noites nubladas. Mais subsídios podem ser encontrados em: https://sistemas.uft.edu.br/periodicos/index.php/capimdourado/article/view/9769 e https://sab-astro.org.br/wp-content/uploads/2020/01/SNEA2018_TCP41.pdf (acesso em: 10 mar. 2022).

#ATIVIDADES

NÃO ESCREVA NO LIVRO!

GRUPO

Consulte as Orientações didáticas para respostas e comentários das atividades.

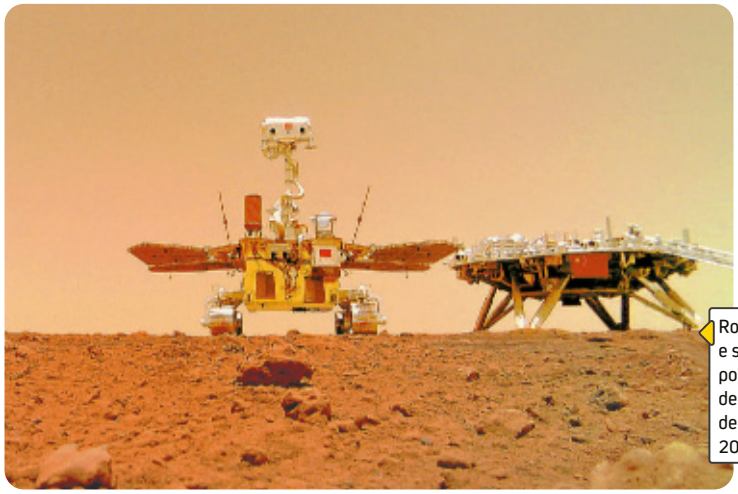
1. Nesta atividade, vamos planejar uma observação astronômica na escola. Peça ajuda ao(à) professor(a) para organizar esta atividade e, juntos, definam:

a) O que é necessário para observar o Universo?

b) Entre as diversas estruturas que são parte do Universo, quais delas é possível observar ao fazer uma observação astronômica?

c) O que deve ser preparado antecipadamente para a observação na escola? Quais serão os objetivos da observação?

2. Em 2021, a China foi a terceira nação a pousar uma sonda em Marte, após a Rússia (na época da União Soviética) e os Estados Unidos da América. Vênus é outro planeta em que sondas terrestres já pousaram.



JIN LIWANG/XINHUA/AFP

Robô chinês, à esquerda, e sua plataforma de pouso, à direita, depois de pousar na superfície de Marte. Fotografia de 2021.

a) Refletindo sobre exploração espacial, por que Vênus e Marte foram os planetas escolhidos para missões de pouso de sondas? **2. a)** Uma importante razão é a proximidade com a Terra.

b) Em quais planetas do Sistema Solar é impossível pousar?
2. b) Nos planetas gasosos. Consulte as Orientações didáticas.

GRUPO

3. Reúna-se em um grupo com três ou quatro integrantes. Cada integrante do grupo deve elaborar e escrever em uma folha avulsa duas afirmativas diferentes, que podem ser verdadeiras ou falsas, sobre o Sistema Solar e o Universo. O grupo deve elaborar as respostas de suas próprias afirmativas, corrigindo as afirmativas falsas. Consulte o(a) professor(a) para conferir se as afirmativas estão bem elaboradas e se as respostas estão corretas. Entregue a folha com as afirmativas para que outro grupo da turma avalie os itens que vocês formularam. Vocês também vão receber as afirmativas elaboradas por outro grupo para avaliar os itens que eles formularam.

4. Observe as informações do infográfico *#Sistema Solar* e identifique a que planetas cada uma das afirmações a seguir se refere. Utilize argumentos da tabela do infográfico para justificar sua resposta.

Reprodução do Livro do Estudante em tamanho reduzido.

Entre os possíveis objetivos da observação, estão a aproximação dos estudantes com temas científicos e uma maior compreensão da Astronomia e do papel da observação dos astros na produção de conhecimentos científicos. A atividade também tem a finalidade didática de ilustrar como os registros do céu podem ser feitos, os problemas que podem surgir entre teorias e observações e a aplicação dos conhecimentos aprendidos para a compreensão e solução desses problemas.

2. a, b) As respostas às questões propostas estão no Livro do Estudante.

3. Exemplos de afirmativas e respostas:

a) Ano-luz é uma unidade utilizada para medir tempo.

b) Uma unidade astronômica equivale a cerca de 3,26 anos-luz.

c) O Sol é o maior corpo celeste do Sistema Solar.

d) Nossa galáxia possui milhares de sistemas planetários.

e) O Sistema Solar é composto apenas do Sol, de planetas, de luas e de asteroides.

f) Galáxias são as maiores estruturas do Universo.

4. a) Vênus, uma vez que a duração do ano é menor que a duração do dia.

NÃO ESCREVA NO LIVRO

GRUPO

a) Um dia na Terra equivale a quase três dias nesse planeta.
4. b) Júpiter, já que sua rotação é de 9 horas e 48 minutos.

b) Nesse planeta é possível fazer dois aniversários no mesmo dia.

c) São planetas solitários em suas órbitas em torno do Sol. 4. c) Mercúrio e Vênus, pois eles não têm satélites naturais.

d) Têm quase o mesmo tamanho. 4. d) Vênus e Terra.

e) Fazer aniversário por lá seria maior que o tempo de vida humana.
4. e) Netuno, pois o tempo de translação é de 164 anos.

5. Sobre o Sistema Solar, responda às seguintes questões:

a) Quais astros o compõem? 5. a) Sol, planetas e corpos menores, como planetas-anões, satélites, asteroides e cometas.

b) Qual a diferença entre planetas rochosos e gasosos? Quais são eles? 5. b) Consulte as Orientações didáticas.

c) O Sistema Solar está no centro da Via Láctea? Explique. 5. c) Não. Consulte as Orientações didáticas.

d) A Via Láctea está no centro do Universo? Explique.
5. d) Não. A Via Láctea é apenas uma entre cerca de 2 trilhões de galáxias do Universo.

6. Explique para três pessoas de sua família que a Astronomia entende o Sistema Solar como apenas um entre, possivelmente, bilhões de sistemas planetários existentes na galáxia Via Láctea, que, por sua vez, é apenas uma entre trilhões de galáxias existentes no Universo. Pergunte às pessoas, então, o que elas pensam ao saber que a Terra é apenas um entre incontáveis possíveis planetas que podem existir pelo Universo. Organize as respostas no caderno e compartilhe com os colegas os relatos que você coletou, debatendo semelhanças e diferenças nas respostas.

7. Uma das técnicas utilizadas para detectar exoplanetas é a análise da variação do brilho observado em uma estrela quando um planeta passa entre o observador e a estrela. É o chamado trânsito planetário. Leia o trecho a seguir, extraído de uma das diversas pesquisas realizadas com essa técnica.

> “[...] um exoplaneta se confirma com convicção quando é possível observar vários trânsitos separados pelo mesmo intervalo de tempo que será o período de uma revolução completa do exoplaneta em torno da estrela hospedeira. Como por exemplo, para o exoplaneta HD 209458 b é possível observar um trânsito a cada 3,5 dias, isso é, o período de revolução é de 3,5 dias; isso porque HD 209458 b está muito próximo de sua estrela hospedeira, a uma distância de 0,046 UA. Só para comparar, Mercúrio o planeta mais próximo do Sol está 0,47 UA e faz uma revolução em torno do Sol a cada 88 dias. Porém para um exoplaneta distante de sua estrela hospedeira, o período para se observar vários trânsitos pode ser demasiadamente longo. Tome por exemplo o planeta Júpiter distante do Sol em 5,2 UA e que gasta quase 12 anos para uma revolução completa. Um exoplaneta em condições semelhantes a Júpiter, seriam necessários 24 anos para se observar três trânsitos consecutivos. Se levarmos em conta que somente a partir de 1999 que as observações de exoplanetas através do trânsito tiveram início, [...], exoplanetas com tempos de revoluções altos, ainda são tratados como candidatos a planetas extrassolares. Somente a missão Kepler registrou 4.696 candidatos a exoplanetas com longos períodos de revoluções.”

SANTOS, W. C.; AMORIM, R. G. G. Descobertas de exoplanetas pelo método do trânsito. *Revista Brasileira de Ensino de Física*, v. 39, n. 2, e2308, 2017.

Esse relato nos revela várias informações sobre os exoplanetas detectados e os demais candidatos. A respeito delas, responda:

a) Quais características os exoplanetas conhecidos apresentam? 7. a) Todos estão próximos de uma estrela e, por isso, o período de sua translação é pequeno.

b) Por que os 4 696 registros da missão Kepler ainda são considerados candidatos a exoplanetas? O que é preciso para os astrônomos estarem convictos de que eles são exoplanetas?
7. b) Consulte as Orientações didáticas.

Reprodução do Livro do Estudante em tamanho reduzido.

Orientações didáticas

#Atividades

4. As respostas às questões propostas estão no Livro do Estudante.

5. a) A resposta à questão proposta está no Livro do Estudante.

b) A diferença está na composição dos planetas. Os planetas rochosos são compostos de rochas e metais; os planetas gasosos são compostos de gases, têm mais satélites naturais e anéis. Planetas rochosos: Mercúrio, Vênus, Terra e Marte. Planetas gasosos: Júpiter, Saturno, Urano e Netuno.

c) A resposta à questão proposta está no Livro do Estudante. O Sistema Solar está localizado em um braço da Via Láctea chamado Orion, a cerca de 26 000 anos-luz do centro da Via Láctea.

d) A resposta à questão proposta está no Livro do Estudante.

6. Resposta pessoal. Espera-se que os estudantes desenvolvam o diálogo e valorizem a diversidade de pensamentos e sentimentos que a questão sucinta. Uma possível organização e discussão das respostas é que elas se dividam entre: (i) pessoas que declaram se sentirem especiais por terem a oportunidade de viver em um mundo que pode manter a vida humana como conhecemos; (ii) pessoas que se sentem diminutas, sem maior importância para o Universo. Outras categorias de análise de semelhanças e diferenças também podem ser criadas, como o apreço pela ciência ou referências a alguma divindade.

7. a) A resposta à questão proposta está no Livro do Estudante.

b) Exoplanetas detectados por trânsitos, como os que foram detectados pelo telescópio Kepler, só são confirmados quando é possível detectar vários trânsitos com o mesmo intervalo de tempo entre eles, ou seja, várias órbitas sucessivas. Esses 4 696 candidatos são exoplanetas de período longo, ou seja, não transcorreu tempo suficiente para que sejam detectados trânsitos sucessivos.

8. As sondas Voyager e os telescópio espaciais Hubble e Kepler são exemplos de ferramentas espaciais que contribuíram para o entendimento do Universo. Faça uma pesquisa na internet ou em livros de divulgação científica sobre outras sondas de exploração espacial já lançadas, qual a sua data de lançamento e as principais contribuições que trouxeram para o conhecimento humano. Em seguida, elabore uma história em quadrinhos para apresentar os resultados encontrados e compartilhe sua produção com a turma.

9. Ao serem questionadas sobre os planetas do Sistema Solar, pode acontecer de pessoas adultas incluírem Plutão na resposta. O que isso pode mostrar sobre o desenvolvimento da ciência e da alfabetização científica?

10. Faça uma pesquisa na internet ou em materiais de Astronomia para identificar outros corpos que fazem parte do Sistema Solar, como satélites naturais, cometas ou asteroides. Escolha um deles e produza um cartaz com ao menos uma imagem desse corpo, que apresente definição e características ou curiosidades a respeito dele e explique o motivo de ter chamado a sua atenção. Se possível, exponha o cartaz na escola e compartilhe os resultados da sua pesquisa com os colegas.

11. Analise a tirinha a seguir. Na sua opinião, que mensagem ela nos passa?

Fonte: Quadrinhos Utópicos.

12. A unidade de comprimento ano-luz recebe esse nome porque equivale à distância que a luz percorre, no vácuo, ao longo de um ano. Como a velocidade da luz é de, aproximadamente, 300 000 km/s, isso significa que em um ano ela percorre, aproximadamente, 9,46 trilhões de quilômetros. Logo, 1 ano-luz = $9{,}46 \cdot 10^9$ km. Refletindo sobre isso, por que é possível dizer que, ao olhar para as estrelas (ou galáxias), estamos olhando para o passado? **12.** Porque, mesmo sendo muito rápida, a luz demora certo período para percorrer a distância que nos separa do corpo observado.

Reprodução do Livro do Estudante em tamanho reduzido.

Orientações didáticas

#Atividades

8. Um exemplo é o telescópio espacial James Webb, lançado em dezembro de 2021. Outro exemplo de sonda de exploração espacial é a japonesa Akatsuki, que explorou Vênus. Ela foi lançada em 2010 e sua missão era mapear a superfície de Vênus, além de realizar experimentos e usar instrumentos para detectar a existência de raios na atmosfera ou vulcanismo na superfície do planeta. A atividade favorece o trabalho com a competência específica 6 de Ciências da Natureza.

9. Espera-se que os estudantes percebam que o conhecimento científico, incluindo nosso entendimento sobre o Universo, está sujeito a transformações. Assim, quando adultos estudaram o assunto, provavelmente Plutão ainda era classificado como planeta. Mudanças no entendimento científico – que no caso foram motivadas por novas descobertas de objetos semelhantes a Plutão – são comuns e fazem parte da dinâmica de produção do conhecimento; porém, pessoas não especialistas ou interessadas na área podem não estar informadas dessas mudanças.

10. Uma resposta possível é a escolha do cometa Halley. Cometas são objetos pequenos, compostos de gelo e poeira e que, normalmente, têm órbitas ovaladas. Ao se aproximarem do Sol, produzem um efeito de cauda que pode ser visível. O cometa Halley tem esse nome por ter sido previsto pelo astrônomo e matemático britânico Edmond Halley (1656-1742). Ele completa uma órbita a cada 75,3 anos, sendo o único cometa de período curto que pode ser regularmente visto a olho nu da Terra ao longo da vida de uma pessoa. A atividade favorece o trabalho com a competência específica 6 de Ciências da Natureza.

11. Resposta pessoal. Espera-se que os estudantes reflitam sobre a proporção da Terra em comparação à galáxia e ao Universo. Isso pode gerar reflexões também quanto à interferência humana diante da vastidão do Universo e sobre as formas de agir no planeta (e com os outros), além de chamar a atenção para a necessidade de preservá-lo.

12. A resposta à questão proposta está no Livro do Estudante. A estrela Proxima Centauri, por exemplo, é a estrela mais próxima da Terra depois do Sol, situada a cerca de 4 anos-luz de distância. Ou seja, a luz que vemos hoje de Proxima Centauri foi emitida quatro anos atrás, portanto olhar para esse astro é olhar para como ele era há quatro anos.

CAPÍTULO 14

Evolução estelar e a vida fora da Terra

Objetivos do capítulo

- Reconhecer estrelas e propriedades físicas relacionadas à classificação estelar.
- Compreender o ciclo de vida de uma estrela.
- Identificar condições relacionadas à viabilidade de vida em outros sistemas planetários.

Na BNCC

Habilidades: EF09CI16 e EF09CI17.

Reprodução/NASA

Galáxia NGC 1536. Imagem registrada pelo telescópio Hubble em 2020.

Como as estrelas se formam e o que acontece com elas? Como vimos no capítulo anterior, algumas estrelas têm sistemas planetários ao seu redor. Em seu ciclo de vida, elas nascem e morrem.

Para estudar as estrelas, os astrônomos observam-nas e relatam o que acontece no céu. Em 14 de janeiro de 1997, a astrônoma e astrofísica brasileira Duília de Mello (1963-), enquanto investigava a composição química da galáxia NGC 1536, em um observatório no Chile, deparou-se com um inesperado ponto luminoso no céu. Ao analisar os dados coletados pelo telescópio, percebeu que o ponto brilhante era uma estrela que havia explodido em um evento chamado **supernova**.

Estrelas nascem e morrem. Em seu ciclo de vida podem espalhar pelo Universo elementos químicos que formarão novas estrelas, planetas, satélites e outros corpos celestes. Foi isso que a supernova observada por Mello fez há mais de 25 anos. Como esses elementos químicos espalhados pelo Universo podem, ainda, fazer parte da constituição de tudo o que conhecemos, até mesmo de nosso corpo, podemos afirmar que somos feitos de **poeira de estrelas**.

Então, ao contemplar o céu noturno, será que estamos olhando para alguma estrela que tem planetas ao seu redor? Será que algum desses planetas seria semelhante ao nosso? Será que há vida por lá? Essas são algumas das questões que estudaremos no decorrer deste capítulo.

NÃO ESCREVA NO LIVRO

#Para iniciar

- Você tem o hábito de olhar para o céu à noite? Em caso afirmativo, o que mais chama a sua atenção no céu?
- Na sua opinião, o que o brilho diferente das estrelas pode indicar?
- Quais condições são necessárias para permitir que haja vida humana em um planeta?

Respostas pessoais para mobilização dos conhecimentos prévios dos estudantes. Consulte as Orientações didáticas.

Reprodução do Livro do Estudante em tamanho reduzido.

#Para ler

A história da supernova 1997D, explosão estelar descoberta por uma brasileira

Para entender o que é uma supernova, precisamos falar do nascimento, da vida e da morte das estrelas. As estrelas nascem dentro de um berçário, em uma nuvem enorme de gás e poeira. Por algum motivo externo (que explicaremos mais tarde), a nuvem pode começar a se contrair e a se separar em milhares de fragmentos que se tornarão estrelas. Nem todos os fragmentos são iguais, alguns são bem maiores que outros, e é essa diversidade inicial que ditará o destino do astro.

[...]

POSSES, A; MELLO, D.; PONTE. G. A história da supernova 1997D, explosão estelar descoberta por uma brasileira. *Galileu*, 16 jan. 2022.

Orientações didáticas

A abertura do capítulo faz referência ao tema da evolução estelar, dando destaque às supernovas, eventos explosivos que marcam o fim da fase ativa das estrelas supermassivas. Nem todas as estrelas terminam sua vida em explosões, somente as que são muito maiores do que o Sol. Em geral, os estudantes têm curiosidade de saber se o Sol também explodirá em uma supernova. Caso eles mencionem essa questão, explique que não e que o destino do Sol será explorado neste capítulo.

Provavelmente, os estudantes já conhecem a expressão "poeira de estrelas", mas vale comentá-la com detalhes. Quando as primeiras estrelas se formaram, elas possuíam apenas hidrogênio em sua composição, e os planetas eventualmente formados ao redor delas eram gasosos e constituíam ambientes hostis à vida. Quando essas primeiras estrelas explodiram em supernovas, elas lançaram ao espaço muitos elementos pesados, que se juntaram a nuvens de gás e formaram novos planetas e novas estrelas, como o Sol. A Terra e tudo o que existe, incluindo nós mesmos, são formados por esses elementos produzidos pelas estrelas.

#Para iniciar

Este boxe tem o objetivo de auxiliá-lo(a) na identificação dos conhecimentos, das habilidades, das atitudes e dos valores dos estudantes. Por isso, sugerimos que eles realizem o registro de suas respostas iniciais no caderno, a fim de que possam ser retomadas e revistas no final do capítulo. Isso contribuirá para que se conscientizem do desenvolvimento de suas aprendizagens e da construção do seu conhecimento.

- Espera-se que os estudantes comentem o que chama a atenção deles no céu noturno, como o brilho das estrelas ou os desenhos que os pontos luminosos parecem formar. Eles também podem mencionar a Lua e fenômenos astronômicos, como eclipses.
- Os estudantes, em geral, tendem a achar que o brilho das estrelas se relaciona à distância. Assim, as estrelas mais brilhantes estariam mais próximas; e as mais fracas, mais distantes. Se necessário, explique a eles que o tamanho, a temperatura e a composição química das estrelas alteram seu brilho e sua cor.
- Espera-se que os estudantes destaquem a importância da água e de temperaturas adequadas.

Orientações didáticas

Uma maneira de abordar esse assunto é questionar se os estudantes têm o costume de observar o céu frequentemente e avaliar o que eles sabem sobre objetos astronômicos, a Lua e as constelações. Verifique se houve algum evento astronômico recente, como um eclipse ou uma conjunção de astros, que possa servir de exemplo e motivar a participação dos estudantes.

Em seguida, você pode perguntar se algum deles costuma viajar para regiões afastadas das cidades, como fazendas no interior, e questionar como é o céu nessas regiões. Incentive-os a compará-lo com o céu da cidade. É fácil perceber (ou imaginar) que o céu do interior é mais estrelado do que o céu da cidade. A razão para isso é a poluição luminosa, ou seja, a grande quantidade de luz produzida nas cidades para a iluminação urbana e residencial espalha-se pelo céu, ofuscando os astros.

Além da poluição luminosa, a atmosfera da Terra pode prejudicar a observação das estrelas. A ocorrência de nuvens, evidentemente, pode cobrir o céu, mas a umidade do ar também pode dificultar a visualização das estrelas. Para minimizar o efeito da atmosfera nas observações astronômicas, os maiores telescópios da Terra são construídos em locais de grande altitude, como no monte Mauna Kea, no Havaí, onde se localiza o CFHT (Canada-France-Hawaii Telescope), e nos Andes, no Chile, onde se localiza o ESO (European Southern Observatory), os maiores e mais modernos conjuntos de telescópios do mundo atualmente.

#Olhando para um céu estrelado

Victor Lima/Solent News/Shutterstock

Céu noturno sobre a vila de Mangue Seco, em Jandaíra (BA), 2020.

Observar o céu noturno é fascinante e, ao mesmo tempo, intrigante. Curiosos, buscamos formas de elucidar o que são os pontos luminosos no céu: do que são feitos, onde se localizam, como se formaram, se continuarão na mesma posição ou para onde eles se moverão.

Não é preciso ser um astrônomo ou usar telescópios para observar e admirar o céu. Uma noite sem nuvens, de preferência em um local sem iluminação artificial, é suficiente para explorar milhares de astros no céu – a maioria deles são estrelas que pertencem à nossa galáxia, a Via Láctea.

Se, ao observar esses astros, você foi levado a imaginar como eles são e a fazer muitas perguntas sobre eles, saiba que você não está sozinho. Inúmeras pessoas têm uma experiência semelhante que as levam a querer saber cada vez mais sobre o Universo. A citada astrônoma brasileira Duília de Mello relata que sua curiosidade em desvendar os mistérios do céu noturno a levou a estudar Astronomia.

Então, um primeiro passo para iniciar sua observação pode ser tentar contar o número de astros que você conseguir identificar no céu. Note que nem todos brilham da mesma maneira. Leia o texto a seguir, que apresenta uma forma de medir o brilho dos astros e qual é o limite da visão humana.

Quantas estrelas podemos ver a olho nu?

[...] O número depende de uma série de fatores, como a claridade do céu, condições climáticas e poluição. [...] também está ligada ao limite de brilho que conseguimos enxergar. No caso dos astros, como as estrelas e os planetas, os cientistas medem o brilho através de sua magnitude. Essa escala é representada por números e, quanto maior ele for, mais fraco é o brilho do objeto. Essa escala vai de –27, como é classificado o Sol (o mais brilhante), até +35, que é o limite alcançado pelo telescópio Hubble.

Nessa régua de medição, o olho humano consegue enxergar o brilho dos astros cuja magnitude chegue a, no máximo, 6,5. [...]

Usando essa informação, os astrônomos calculam que há, aproximadamente, 9 000 estrelas que podem ser visíveis a olho nu a partir da Terra. Esse valor estimado pelos astrônomos considera todo o céu ao redor da Terra. Mas, como uma pessoa só consegue ver metade dele, o total seria de, aproximadamente, 4 500 estrelas.

Se você decidir contar as estrelas por conta própria, esse número será bem menor. Na maioria das cidades do mundo, as condições do céu comprometem bastante a possibilidade de se ver astros com magnitude de até 6,5, restando, geralmente, aqueles entre 2 e 4. [...] Na prática, a estimativa pela ciência é de que o número visto, a olho nu, contado a dedo, seja algo em torno de 2 000 estrelas.

BAIO, C. Quantas estrelas podemos ver a olho nu? *Tilt*, 29 jan. 2022. Disponível em: https://www.uol.com.br/tilt/noticias/redacao/2022/01/29/quantas-estrelas-podemos-ver-a-olho-nu.htm?. Acesso em: 26 fev. 2022.

Reprodução do Livro do Estudante em tamanho reduzido.

#Para saber

Light Pollution Map
Mapa interativo da poluição luminosa em todo o planeta. Nele, é possível observar a poluição produzida nos grandes centros urbanos do Brasil e do mundo todo. É possível, por exemplo, localizar uma cidade e compará-la com os grandes centros.
Disponível em: https://www.lightpollutionmap.info.

European Southern Observatory (ESO)
No *site* do ESO, você encontra muitas notícias recentes sobre Astronomia, além da descrição e de fotos dos telescópios e dos instrumentos do observatório.
Disponível em: https://www.eso.org/public/.
Acesso em: 20 abr. 2023.

#Para interpretar

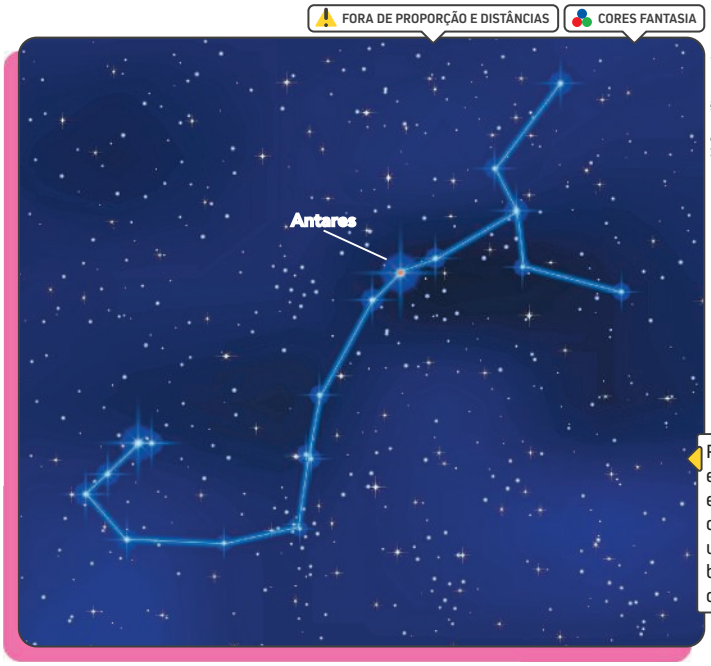
NÃO ESCREVA NO LIVRO

1. A escala deve ser representada por números e, quanto maior for o número, mais fraco é o brilho do objeto. Consulte as Orientações didáticas.

1 **Desenhe no caderno um esquema representativo da magnitude de astros celestes, indo do menor até o maior valor. Depois, indique em quais extremidades estão os astros mais brilhantes e os menos brilhantes.**

2 **Na sua opinião, observar o céu de uma localidade afastada de grandes centros urbanos, por exemplo, de uma fazenda ou de uma praia, revelaria um céu diferente do visível em uma cidade?** **2.** Resposta pessoal. Consulte as Orientações didáticas.

Mesmo sem ser capaz de determinar exatamente quantas estrelas conseguimos observar ao contemplar o céu noturno, é possível perceber que cada pontinho luminoso no céu pode ser diferenciado pelo seu brilho e posição. Observe essas diferenças na imagem a seguir. Note o tamanho aparente, a posição no céu, a intensidade do brilho e a cor das estrelas.



Representação esquemática das estrelas da constelação de Escorpião. Antares é uma das estrelas mais brilhantes aparente no céu noturno.

Vale destacar o ponto de tonalidade mais avermelhada que os demais: esse ponto é Antares. Na realidade, Antares não é uma estrela, mas duas! Por isso, é chamada de sistema binário. As estrelas que compõem esse sistema binário são bem diferentes e, portanto, classificadas de modo também distinto. Um dos astros do sistema binário é uma gigante vermelha, que tem massa estimada entre quinze e dezoito vezes a massa do Sol. O outro é uma estrela de duas a quatro vezes a massa solar. Antares é uma das quinze estrelas mais brilhantes do céu noturno e está a 600 anos-luz da Terra.

Reprodução do Livro do Estudante em tamanho reduzido.

#Para saber

O que é a estrela Betelgeuse e por que sua possível explosão importa tanto
Nessa matéria, é explicado por que se acredita que a estrela Betelgeuse, na constelação de Órion, pode explodir em uma supernova a qualquer momento.
Disponível em: https://www.bbc.com/portuguese/brasil-51272007.

Stellarium
Simulador 3D realista do céu que possibilita ajustar a localização geográfica, a data e a hora da simulação, entre outros recursos. Pode ser instalado no computador ou acessado no *site*. Também há versões para *smartphone*.
Disponível em: https://stellarium.org/pt/.
Acesso em: 18 maio 2022.

Orientações didáticas

A diferença mais facilmente percebida entre as estrelas é o brilho. Existem muitos exemplos de estrelas brilhantes, como a estrela Sirius e as estrelas principais da constelação de Órion (onde se encontram as Três Marias). Um astro muito conhecido é a estrela-d'alva, que costuma aparecer logo após o pôr do sol ou um pouco antes do nascer do sol. Se ela for citada na aula, comente que a estrela-d'alva não é de fato uma estrela, mas sim o planeta Vênus.

Uma possibilidade de explorar as diferenças entre as estrelas é o *software* Stellarium, que mostra uma simulação realista 3D do céu em qualquer lugar do planeta e em qualquer tempo. Se houver um projetor na escola, você pode projetar a tela do Stellarium e explorar algumas das estrelas mais brilhantes. Outra possibilidade é levar os estudantes ao laboratório de informática para que explorem o Stellarium individualmente.

#Para interpretar

As atividades, além de auxiliarem o trabalho com a inferência de texto, contribuem para o desenvolvimento da competência geral 2 ao abordar o pensamento científico e exercitar a curiosidade intelectual.

1. A resposta à questão está no Livro do Estudante. Um esquema representativo pode ser feito com uma reta numerada da esquerda para a direita. O menor valor é o -27, que corresponde ao Sol, e deve ser inserido na extremidade esquerda. À direita, está o 6,5, que corresponde às estrelas menos brilhantes. Mais à direita, pode-se incluir o 35, que é o limite de detecção do telescópio espacial Hubble.

2. Os estudantes não devem ter dificuldade em perceber que em locais mais afastados serão observadas mais estrelas, devido à menor poluição luminosa. O conjunto de estrelas presentes no céu é o mesmo, contudo a diferença na percepção varia de acordo com a presença de obstáculos (como construções) e a poluição luminosa. Nossos olhos são capazes de identificar mais estrelas em localidades mais remotas do que em uma cidade muito iluminada.

Orientações didáticas

Sugerimos que você retome com os estudantes o espectro eletromagnético. Explique que as estrelas emitem energia em todas as faixas do espectro, desde as faixas de alta energia (raios gama e raios X, radiação ultravioleta, luz visível, radiação infravermelha e rádio). Com o uso de filtros, é possível captar a radiação em alguma dessas faixas, conforme a representação na figura desta página: a Nebulosa do Caranguejo, observada em faixas diferentes do espectro eletromagnético. No boxe *#Para saber* + a seguir, indicamos um texto que pode ajudar nessa explicação e que pode ser discutido durante a aula para retomar esse assunto com mais detalhes.

#Para refletir

1. A resposta à atividade está no Livro do Estudante. A velocidade da luz é de 3×10^8 m/s. Um ano corresponde a $365 \times 24 \times 60 \times 60 = 31{,}5 \times 10^6$ s. Multiplicando a velocidade pelo tempo, obtemos:
$1 \text{ ano-luz} = 3 \times 10^8 \times 31{,}5 \times 10^6 = 9{,}46 \times 10^{15}$ m
$1 \text{ ano-luz} = 9{,}46 \times 10^{12}$ km.
Portanto, 1 ano-luz corresponde a 9,46 trilhões de quilômetros.

2. A resposta à questão está no Livro do Estudante. Um ano-luz é a distância que a luz viaja em um ano. Logo, para percorrer 600 anos-luz, a luz leva 600 anos. Dessa forma, ao observar Antares, estamos vendo como essa estrela era há 600 anos.

3. A resposta à questão está no Livro do Estudante. Usando o mesmo raciocínio da atividade anterior, os estudantes devem perceber que a explosão ocorreu há 53,8 milhões de anos.

Ao responder às questões 2 e 3, deve ficar claro para os estudantes que, quanto mais longe estão as estrelas, mais antigo é o evento ou a emissão de luz observada.

#Para refletir

NÃO ESCREVA NO LIVRO

1 No capítulo anterior, mencionamos que ano-luz é uma unidade de distância, equivalente à distância que a luz percorre em um ano. Relembre qual é a distância de um ano-luz.
1. Um ano-luz equivale a, aproximadamente, 9,46 trilhões de quilômetros.

2 Se Antares está a 600 anos-luz de nós, quanto tempo a luz viaja para chegar até a Terra?
2. A luz viaja seiscentos anos para ir de Antares até a Terra.

3 A imagem de abertura do capítulo é uma fotografia da galáxia NGC 1536 registrada pelo telescópio Hubble em 2020. Em 1997, a astrônoma Duília de Mello observou nessa galáxia uma supernova. Sabendo que a NGC 1536 está a 53,8 milhões de anos-luz da Terra, a astrônoma observou uma explosão que ocorreu há quanto tempo?
3. A explosão ocorreu há 53,8 milhões de anos, tempo que a luz demorou para viajar e chegar até nós.

O que a imagem que vimos da constelação do Escorpião mostra é a emissão de luz visível dos astros. Mas, também, podemos estudar os astros com base em outras faixas de frequência do espectro eletromagnético. Por exemplo, os raios infravermelhos não são visíveis aos olhos humanos, mas podem ser captados por telescópios. Assim, podemos estudar os astros também com ondas de rádio, ondas infravermelhas, raios ultravioleta e raios X. A informação que cada parte do espectro nos dá ajuda a compor nosso conhecimento sobre os astros, até mesmo sobre as etapas de evolução de uma estrela.

Vejamos o caso da nebulosa de Caranguejo, uma grande nuvem de poeira e gás que se formou após a explosão de uma supernova em 1054. A explosão, vista como um ponto muito brilhante no céu, foi registrada na época por astrônomos de diversos lugares da Terra.

CORES FANTASIA
FORA DE PROPORÇÃO E DISTÂNCIAS

R2 Editorial/Arquivo da editora

Representação esquemática da remanescente explosão de uma supernova. As imagens de diferentes faixas do espectro eletromagnético podem ser combinadas para o estudo dos astros.

#Estude

- **Adaptações de medidas: o que é o ano-luz?**
Disponível em: https://www.ufmg.br/espacodoconhecimento/adaptacoes-de-medidas-o-que-e-o-ano-luz/. Acesso em: 20 abr. 2023.
O texto explica o que é ano-luz e contextualiza brevemente os primeiros estudos sobre a velocidade da luz.

- **Visão em todo o espectro: a nebulosa do Caranguejo, do rádio aos raios X (título traduzido)**
Disponível em: https://youtu.be/xBNJumQd4WM. Acesso em: 25 fev. 2022.
Vídeo com cerca de um minuto que apresenta a composição de uma imagem da nebulosa de Caranguejo com base em imagens feitas com diferentes faixas do espectro de ondas eletromagnéticas, das ondas de rádio aos raios X.

Reprodução do Livro do Estudante em tamanho reduzido.

#Para saber

Espectro, a "digital" das estrelas
Esse texto do *site* do Planetário do Rio de Janeiro (RJ) aborda o espectro eletromagnético e a energia emitida pelas estrelas. Apresenta, ainda, dois vídeos com experimentos simples que podem ser feitos com os estudantes.
Disponível em: http://planeta.rio/espectro-a-digital-das-estrelas/.

Astrolab – O que são nebulosas?
O vídeo, com cerca de 5 minutos de duração, explica a formação das nebulosas e apresenta muitas imagens.
Disponível em: https://youtu.be/UKMakfQ1EOw.
Acesso em: 23 abr. 2022.

Estrelas e evolução estelar

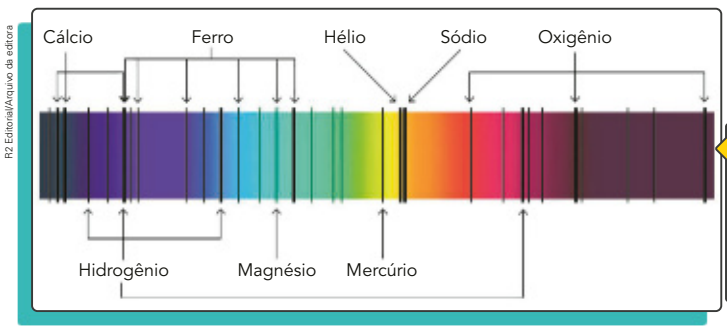
As estrelas são companheiras da exploração humana do Universo há milênios, sempre ocupando um espaço no céu noturno. Nos capítulos anteriores, estudamos as estrelas relacionadas com sistemas planetários e com a cultura de diversos povos em diferentes épocas.

Será que o fato de as estrelas estarem presentes no céu noturno significa que elas continuarão lá? A supernova da galáxia NGC 1536 ou a que deu origem à nebulosa de Caranguejo já indicam que não.

Estrelas são imensas concentrações de matéria que, em razão da ação da gravidade, apresentam formato esférico. No centro das estrelas, a pressão é tão grande que ocorre a **fusão nuclear**, processo em que átomos mais simples se fundem e produzem átomos maiores. Nesse processo, são emitidos diferentes tipos de ondas eletromagnéticas, responsáveis pelo brilho próprio da estrela. Analisando a frequência das ondas emitidas, é possível saber do que a estrela é constituída e, por consequência, o estágio da evolução estelar em que está.

Composição comparando os tamanhos do Sol (estrela do Sistema Solar) e da Terra (ponto azul em destaque).

O Sol, por exemplo, é composto principalmente de hidrogênio, seguido de hélio. Há, ainda, quantidades menores de outros elementos, por exemplo, o cálcio, o ferro, o magnésio e o sódio.



Pela análise da luz proveniente do Sol, é possível determinar os elementos produzidos pela fusão em seu núcleo e o estágio de vida em que ela se encontra.

De acordo com os modelos científicos atuais, a origem e o fim da vida de uma estrela estão relacionados com as nebulosas. Trata-se de vastas regiões que existem no interior de galáxias onde há maior concentração de gás e poeira. O principal constituinte da nebulosa é o hidrogênio, mas também são encontrados, em menor quantidade, outros elementos, como o hélio, o nitrogênio, o carbono e o oxigênio, provenientes dos resíduos liberados pelas estrelas quando morrem.

Reprodução do Livro do Estudante em tamanho reduzido.

#Para saber

Astrolab – As estrelas nascem e morrem?
O vídeo, com quase 6 minutos de duração, apresenta, com muitas imagens e simulações, o processo de formação e evolução das estrelas.
Disponível em: https://youtu.be/0_aqC808mfo.

China ativa com sucesso "sol artificial" movido a energia nuclear
Notícia sobre a ativação de um reator de energia termonuclear na China. O reator atinge temperaturas de até 150 milhões de °C, fundindo átomos para produzir energia.
Disponível em: https://www.ipen.br/portal_por/portal/interna.php?secao_id=40&campo=15185.
Acesso em: 18 maio 2022.

Orientações didáticas

Neste momento, inicia-se o trabalho com a habilidade EF09CI17 por meio da abordagem da evolução das estrelas. Não deve ser surpresa para os estudantes o fato de que estrelas não são eternas, ou seja, se formam e deixam de existir depois de algum tempo. É provável que alguns estudantes conheçam algumas etapas desse processo, pois o tema evolução das estrelas eventualmente aparece na mídia. Portanto, termos como supernovas, nebulosas ou buracos negros podem surgir espontaneamente entre os estudantes ao introduzir o assunto de forma dialogada.

Mas antes de falar do ciclo de vida de uma estrela, é importante definir exatamente o que é uma estrela: gigantescas massas de gás (hidrogênio, principalmente) que, devido à ação da força gravitacional, assumem formato esférico em condições tais que em seu interior ocorrem reações de fusão nuclear. Essa definição é importante para diferenciar estrelas de planetas, por exemplo. Planetas gasosos, como Júpiter, são constituídos basicamente de hidrogênio, mas, como possuem menos massa que uma estrela, não realizam fusão nuclear.

Na reação de fusão, átomos mais leves são unidos (fundidos) para formar átomos mais pesados. Nessa união, o átomo formado é mais leve do que a soma da massa dos dois átomos iniciais. A diferença de massa é convertida em energia, que é emitida pela estrela na forma de ondas eletromagnéticas, como a luz visível.

Há vários anos, cientistas têm tentado dominar a tecnologia de fusão nuclear para utilizá-la como fonte de energia para as atividades humanas, sem a produção de resíduos. A dificuldade reside no fato de que a fusão só ocorre em altíssimas temperaturas (da ordem de milhões de graus Celsius). Atualmente, o sistema de confinamento do plasma aquecido a essas temperaturas consome mais energia do que a produzida pela fusão.

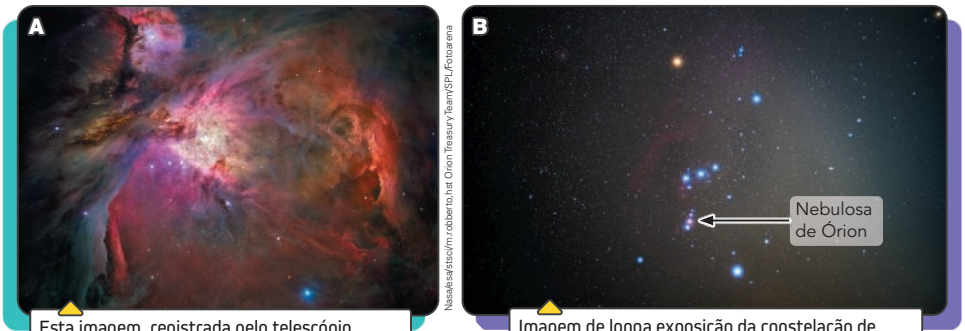
Orientações didáticas

Sugerimos que inicie o assunto questionando os estudantes sobre o termo nebulosa. É possível que muitos já tenham ouvido essa palavra, mas não saibam definir exatamente o que é. Um dos motivos para isso é que nebulosa é um termo que se aplica a diferentes contextos astronômicos.

Nesse momento, o texto está se referindo especificamente às nebulosas onde se formam estrelas. No entanto, estrelas em idade avançada lançam parte de seu gás para o espaço, formando nebulosas. Estrelas que explodem em supernovas deixam como resquício uma nebulosa. Mesmo galáxias podem ser chamadas de nebulosas, como Andrômeda, que já foi chamada de Nebulosa de Andrômeda, mas essa nomenclatura já não é tão utilizada.

Esses são alguns exemplos dos diferentes eventos que podem ser designados pela mesma palavra. É importante explicar a diferença entre esses significados e dizer que estamos, por enquanto, nos referindo, especificamente, às nebulosas onde estrelas estão nascendo.

A imagem **A**, a seguir, da nebulosa de Órion, é uma composição de várias exposições obtidas pelo telescópio espacial Hubble, em 2006, com o uso de diferentes filtros de luz. Tonalidades em vermelho indicam a concentração de gás hidrogênio. As outras tonalidades revelam a presença de outros gases. Na imagem **B**, vemos a nebulosa de Órion no céu, próxima do asterismo das Três Marias na constelação de Órion. Por aparentarem uma mancha difusa no céu, essas estruturas receberam o nome de **nebulosas**.



Esta imagem, registrada pelo telescópio Hubble, em 2006, mostra a nebulosa de Órion, grande "berçário estelar" de nossa galáxia.

Imagem de longa exposição da constelação de Órion. O borrão indicado com a seta é a nebulosa de Órion observada no céu noturno.

As nebulosas podem dar origem a estrelas e, por isso, são chamadas informalmente de "berçário estelar". Isso porque a ação da gravidade aproxima partes da nuvem de gás e poeira, formando regiões cada vez mais densas, que vão se aquecendo. Esse processo produz uma **protoestrela**.

Após milhões de anos, a protoestrela pode juntar massa suficiente para que a pressão no interior do corpo formado seja tão grande que os átomos de hidrogênio sofram fusão nuclear. Quando isso acontece, temos o nascimento da **estrela**.

Quando protoestrelas atingem a massa necessária que permite se aquecerem a ponto de começarem a brilhar e se tornarem estrelas, a energia emitida tipicamente espalha boa parte do gás que não foi utilizado e, então, não se formam mais estrelas na região. O que sobra tende a se concentrar em um disco achatado e giratório, onde planetas e outros astros podem se formar. Estima-se que apenas 1% de todo o gás disponível em nebulosas seja utilizado para formar estrelas. A quantidade utilizada para formar os planetas é ainda menor.

Representação artística de uma jovem estrela que começa a brilhar, ao centro, rodeada por um disco no qual podem se formar planetas.

Reprodução do Livro do Estudante em tamanho reduzido.

#Para ler

Somos poeira de estrelas

O astrônomo americano Carl Sagan, provavelmente o maior divulgador científico de todos os tempos, costumava dizer que nós – humanos, seres vivos da Terra, o próprio planeta e todo o sistema solar – somos poeira das estrelas. Era o modo lírico dele de explicar nossas origens no Universo. Só surgimos porque outras estrelas morreram há bilhões de anos, espalhando pelo espaço matéria composta de elementos químicos que viriam a nos constituir tempos depois.

Esse, na verdade, é o processo de vida e morte que permeia todo o Cosmo. As primeiras estrelas nasceram por volta de 100 milhões de anos depois do *big bang* (que aconteceu há 13,7 bilhões de anos), em condições bastante diferentes das que formam novas estrelas hoje. Foi a morte delas, no entanto, em eventos violentos e espetaculares, que abriu caminho para a formação de sistemas solares como o nosso. Nos primórdios do Universo só havia no espaço os elementos químicos hidrogênio e hélio. Foi o calor gerado pela explosão dessas primeiras estrelas, mais ou menos 1 bilhão de anos depois, que ajudou a produzir e espalhar os elementos necessários à vida: carbono, nitrogênio e oxigênio, além de ferro, fósforo etc. Até o surgimento da Terra, no entanto, passou-se mais um bom tempo.

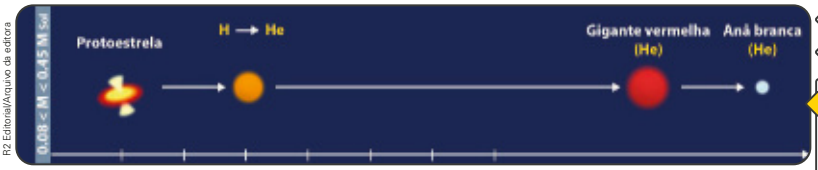
A avó da Terra

Há uns 5 bilhões de anos, um astro com massa várias vezes a do nosso Sol explodiu. Ele deixou um cadáver imenso de gás e poeira, com cerca de 24 bilhões de quilômetros. Assim nasceu o nosso sistema solar.

GIRARDI, G. Somos poeira de estrelas. *Superinteressante*, 31 out. 2016.

Estágios de vida de uma estrela

O tamanho e o tempo de vida de uma estrela estão relacionados com a quantidade de matéria disponível na nebulosa que a formou. Se uma nebulosa tem grande quantidade de matéria disponível, podem se formar protoestrelas muito grandes. Os esquemas a seguir apresentam diferentes processos de evolução de acordo com a massa da protoestrela.

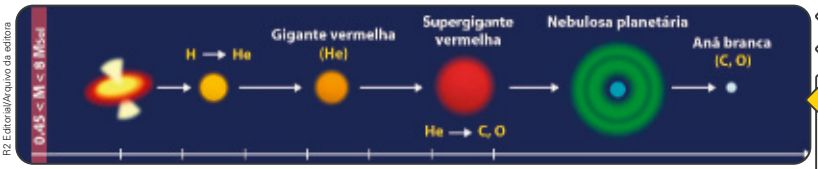


R2 Editorial/Arquivo da editora

CORES FANTASIA
FORA DE PROPORÇÃO

Representação esquemática da evolução de estrelas com massa entre 0,08 e 0,45 vezes a massa solar.

Os modelos para protoestrelas com massas inferiores a 0,45 massas solares (M_{Sol}) indicam que elas podem passar trilhões de anos fazendo a fusão de hidrogênio em hélio. O estágio final dela evolui para uma gigante vermelha, que, ao perder os gases, termina sua vida como uma anã branca – estrela muito menor e com menos brilho em comparação com as estrelas comuns.

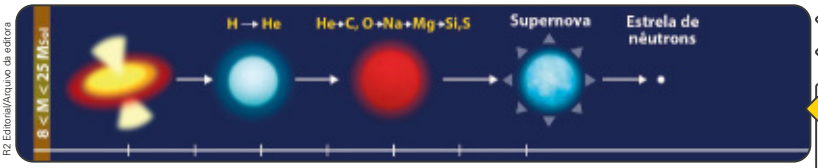


R2 Editorial/Arquivo da editora

CORES FANTASIA
FORA DE PROPORÇÃO

Representação esquemática da evolução de estrelas com massa entre 0,45 e 8 vezes a massa solar.

Para as estrelas com até 8 vezes a massa solar, os modelos de evolução estelar apontam que elas podem viver bilhões de anos. A fusão em seu interior é capaz de produzir elementos mais massivos, como o carbono e o oxigênio. Essas estrelas evoluem para um estágio de gigante ou supergigante vermelha e, ao expelirem uma nebulosa planetária no fim de seu processo evolutivo, terminam como anãs brancas ricas desses elementos. A expressão "nebulosa planetária" não tem relação com planetas, apenas sua aparência lembrava planetas quando observadas pelos telescópios do século XVIII, na ocasião em que foram descobertas.



R2 Editorial/Arquivo da editora

CORES FANTASIA
FORA DE PROPORÇÃO

Representação esquemática da evolução de estrelas com massa entre 8 e 25 vezes a massa solar.

Estrelas com massa até 25 vezes a massa solar evoluem ao longo de milhões de anos para o estágio de gigante vermelha, fundindo elementos mais pesados, como o silício e o enxofre. Depois de gerarem o elemento ferro, esses objetos explodem em supernovas, explosão estelar capaz de fundir núcleos pesados e gerar elementos mais raros, como bismuto, ouro e urânio. Ou seja, esses elementos são raros justamente porque a formação deles depende da constituição de estrelas massivas que explodem e os espalhem pelo Universo. O fim desse processo é um núcleo estelar pequeno e denso, chamado de **estrela de nêutrons**.

Reprodução do Livro do Estudante em tamanho reduzido.

#Para saber

O céu que nos envolve
O capítulo 7 desse livro é dedicado ao estudo das estrelas. A seção 7.4 aborda a evolução estelar, com destaque para o tempo de vida e as transformações sofridas pela estrela em cada etapa.
Disponível em: https://www.iag.usp.br/astronomia/sites/default/files/OCeuQueNosEnvolve.pdf.

De poeira estelar a supernovas: o ciclo de vida das estrelas
Nesse vídeo, com cerca de 11 minutos de duração, é explicada a formação das estrelas e suas fases principais.
Disponível em: https://www.youtube.com/watch?v=1wPSGIV84aI.
Acesso em: 20 maio 2022.

Orientações didáticas

Quando a estrela está em formação, no centro de um disco de gás originado da nebulosa, parte do gás se dirige à estrela devido à atração gravitacional que ela exerce. A partir do momento em que as reações de fusão se iniciam na estrela recém-nascida, a radiação emitida empurra o gás para longe da estrela. Dessa forma, a estrela para de atrair gás, e sua massa não aumenta mais. Nesse instante, toda a sua trajetória evolutiva já está definida, pois as etapas da vida de uma estrela são determinadas pela sua massa.

Dessa forma, comente com os estudantes que, para entender melhor a evolução das estrelas, costuma-se separá-las pela massa. Também é costume utilizar a massa do Sol como unidade de comparação da massa estelar. Estrelas com até 0,45 massas solares são consideradas estrelas de baixa massa; entre 0,45 e 8 massas solares são estrelas de massa intermediária, e acima de 8 massas solares são estrelas massivas.

Não apenas as etapas da evolução estelar são determinadas pela massa, como também o tempo de vida. Quanto maior a estrela, maior a atração gravitacional, o que aumenta a pressão e a temperatura do gás no seu interior. Como as reações de fusão são fortemente influenciadas pela temperatura, quanto maior a temperatura, maior a taxa de fusão que a estrela realiza em seu interior. E quanto maior a taxa de fusão, menos tempo a estrela vive. Ou seja, quanto maior a massa da estrela menos tempo ela vive. É como se ela consumisse seu combustível muito rapidamente.

O que diferencia as etapas da vida das estrelas são as reações de fusão que ocorrem no seu núcleo. No caso de estrelas jovens, reações de fusão ocorrem entre átomos de hidrogênio. Nesse processo, é produzido hélio e energia, que é liberada, entre outras possibilidades, na forma de luz. Conforme a estrela produz hélio, a temperatura em seu núcleo aumenta. Quando a temperatura for suficientemente alta, a estrela começará a fundir hélio, produzindo outros átomos mais pesados, ao mesmo tempo que prossegue a fusão do hidrogênio. As transformações do tamanho, da cor e do brilho sofridas são decorrentes da mudança nas reações de fusão.

Orientações didáticas

Entre os temas trabalhados neste capítulo, é provável que o fim da vida das estrelas seja um dos que mais chame a atenção dos estudantes. Um dos motivos para isso é a grande quantidade de filmes, séries e outras mídias que citam buracos negros, por exemplo. Sugerimos que aproveite esse interesse e proponha aulas bastante dialogadas e participativas. Adiante, sugerimos uma atividade complementar em que os estudantes vão analisar a maneira como o tema costuma ser divulgado nas mídias.

Buracos negros também têm sido notícia nos últimos anos. São exemplos a descoberta das ondas gravitacionais e as imagens recentemente obtidas de discos de acreção de buracos negros. É importante reforçar que as imagens obtidas mostram buracos negros supermassivos, que existem no núcleo de galáxias. Os buracos negros citados no Livro do Estudante são resultado da explosão de estrelas no fim de sua vida e são chamados de buracos negros estelares. Enquanto os buracos negros estelares possuem massa de algumas dezenas de vezes a massa do Sol, os supermassivos possuem milhões de massas solares.

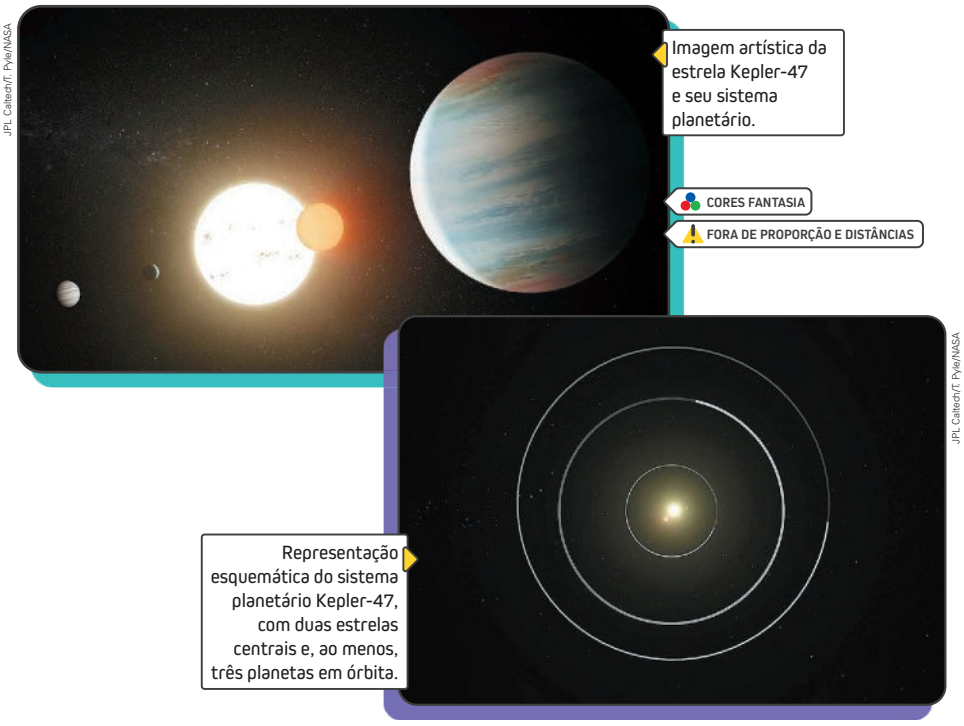
Se comentar as imagens recentes dos discos de matéria ao redor dos buracos negros, é importante destacar que é impossível observar diretamente um objeto desses. Só enxergamos objetos que emitem luz própria (como o Sol ou uma lâmpada acesa) ou quando a luz de outras fontes incide neles e é refletida na nossa direção. Buracos negros são objetos extremamente compactos, nos quais a gravidade é tão grande que atrai, inclusive, a luz. Dessa forma, eles não emitem nem refletem luz. O que se vê nas imagens são discos de matéria orbitando o buraco negro (semelhante aos anéis de Saturno, por exemplo). Essa matéria está em alta rotação e é aquecida pelo atrito e pela alta pressão, emitindo luz. É esse disco de matéria aquecida que é observado, e não o buraco negro diretamente.

Estrelas com massa superior a 25 vezes a massa solar evoluem ao longo de milhares de anos com um ciclo de fusão intenso. Depois de produzirem o ferro, explodem em supernovas e podem gerar um resíduo tão denso, com uma atração gravitacional tão intensa, que nem a luz consegue escapar dele: são os **buracos negros**.

As estrelas que nascem gigantes têm um tempo de vida mais curto quando comparado às estrelas menores. Quanto maior a massa, maior é a atração gravitacional da estrela, gerando uma compressão e um aquecimento altíssimo da matéria que a compõe. Nessas condições, o processo de fusão é mais intenso e a estrela consome todo o seu combustível em milhares de anos.

Já estrelas que se formam menores não conseguem atingir altas temperaturas em virtude da sua menor ação gravitacional. Com isso, levam muito mais tempo para realizar a fusão em seu núcleo. Estrelas assim são muito comuns no Universo e estima-se que o tempo de vida delas seja de bilhões a trilhões de anos.

Pode ocorrer de a nebulosa formar mais de uma estrela. Sistemas estelares, com duas ou mais estrelas, são frequentemente identificados pelos astrônomos. É o caso de Kepler-47, uma estrela binária na constelação de Cisne, localizada a 5 mil anos-luz da Terra. Em torno da estrela, há também um sistema planetário, com ao menos três planetas identificados pela sonda Kepler. Mencionada no capítulo anterior, essa sonda teve como objetivo descobrir planetas com potencial para abrigar vida.



Reprodução do Livro do Estudante em tamanho reduzido.

#Para saber

Entenda como foi feita a primeira imagem do buraco negro Sagitário A*

Essa reportagem explica como foi obtida a primeira imagem do buraco negro supermassivo que existe no centro da Via Láctea.

Disponível em: https://revistapesquisa.fapesp.br/brasileira-conta-como-foi-feita-primeira-imagem-de-buraco-negro-da-via-lactea/.

Acesso em: 20 abr. 2023.

#Atividade complementar

Buracos negros na cultura em geral

Uma forma de explorar a curiosidade dos estudantes pelo tema dos buracos negros é analisar a maneira como esses objetos são retratados em filmes, séries, animações, livros ou qualquer outro tipo de divulgação.

Para isso, sugerimos que os estudantes sejam reunidos em grupos de quatro a cinco integrantes. Cada grupo deverá escolher um filme, série ou qualquer outra forma de arte ou manifestação cultural em que apareçam buracos negros. Pode-se fazer uma lista desses tópicos escolhidos para que não haja repetição.

Cada grupo deverá preparar uma apresentação mostrando como o buraco negro é retratado. Deverá também analisar se a representação está correta ou incorreta, de acordo com os conhecimentos que adquiriram ao longo do estudo. Pode-se levantar também dúvidas ou questões a serem debatidas ou pesquisadas posteriormente.

Algo curioso nessa busca foi encontrar astros que mais parecem extraídos de filmes de ficção científica, como mostra o trecho da matéria a seguir.

#Para interpretar

NÃO ESCREVA NO LIVRO

Cinco Tattooines: Planetas com dois sóis são potencialmente habitáveis

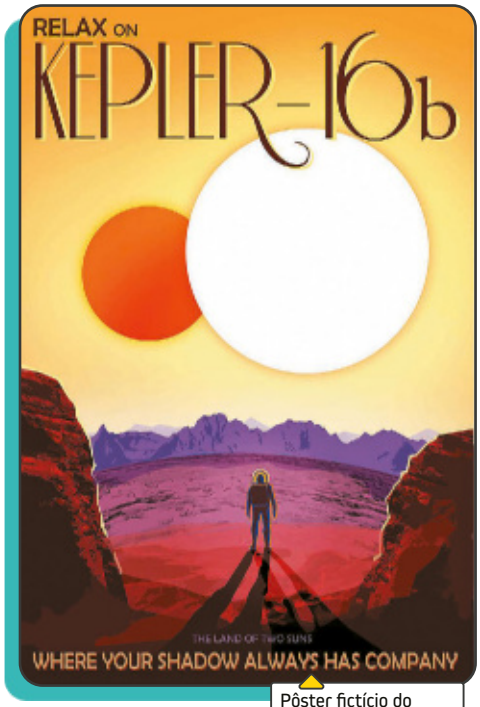
Quase meio século atrás, os criadores de *Star Wars* imaginaram um planeta desértico que sustentava a vida, *Tatooine*, que tinha a característica muito peculiar de ter dois sóis – ele orbitava um par de estrelas.

Agora, décadas depois, astrônomos encontraram indícios de que cinco sistemas com estrelas múltiplas são possíveis candidatos para sustentar a vida.

[...]

Os sistemas estelares são Kepler-34, Kepler-35, Kepler-38, Kepler-64 e Kepler-413 – todos foram descobertos com o telescópio espacial Kepler, projetado para procurar por outras Terras. Eles estão a distâncias entre 2764 e 5933 anos-luz da Terra, nas constelações de Lira e Cisne.

Destes sistemas, o Kepler-64 é conhecido por ter pelo menos quatro estrelas orbitando uma à outra em seu centro, enquanto os outros têm duas estrelas. Todos são conhecidos por terem pelo menos um planeta gigante do tamanho de Netuno ou maior.



NASA/JPL

Pôster fictício do Sistema Kepler-16b, que tem dois sóis.

Doze dos exoplanetas descobertos pelo Kepler são 'circumbinários', ou seja, orbitam um par de estrelas. De fato, os sistemas binários – com dois sóis – são comuns e estima-se que representem entre metade e três quartos de todos os sistemas estelares.

CINCO TATTOOINES: Planetas com dois sóis são potencialmente habitáveis. *Inovação Tecnológica*, 16 abr. 2021. Disponível em: https://www.inovacaotecnologica.com.br/noticias/noticia.php?artigo=cinco-tattooines-planetas-dois-sois-potencialmente-habitaveis&id=010130210416. Acesso em: 26 fev. 2022.

1 **Pelo conhecimento atual, sistemas binários de estrelas são mais comuns que estrelas isoladas? Explique.** **1.** Sim. De acordo com o texto, pelo menos metade, mas, talvez, até três quartos de todos os sistemas estelares sejam binários.

2 **Descobertas como essas da sonda Kepler parecem fazer da ficção realidade. Você conhece outro caso em que a ficção científica abordou alguma situação que, depois, foi observada na realidade? Qual?** **2.** Resposta pessoal. Consulte as Orientações didáticas.

Reprodução do Livro do Estudante em tamanho reduzido.

#Para interpretar

Nesta página, as questões sugeridas auxiliam o trabalho com a inferência de textos.

1. A resposta à questão está no Livro do Estudante. A formação de estrelas ocorre em gigantescas nuvens que se fragmentam em pedaços menores devido a alguma perturbação externa, como uma supernova próxima. De acordo com o tamanho do fragmento, pode ser formada apenas uma estrela ou mais de uma.

2. Alguns exemplos são a exploração espacial e os foguetes que vão para a Lua, mencionados nas obras de Julio Verne, ou a representação de um buraco negro no filme *Interestelar*, de 2015, feita com base em simulações computacionais propostas por trabalhos científicos e que foram comprovadas pela observação da primeira imagem de um disco de acreção de um buraco negro, em 2019.

Orientações didáticas

Embora a descoberta de milhares de exoplanetas tenha ocorrido recentemente, os dados atuais indicam que grande parte das estrelas tem planetas ao seu redor. Se contarmos que existem 200 bilhões de estrelas só na nossa galáxia, o número de exoplanetas é provavelmente da ordem de muitos bilhões. E isso só na Via Láctea!

Existem planetas muito diferentes entre si: rochosos, gasosos, de gelo, oceânicos, etc. A atividade complementar a seguir explora algumas dessas diferenças.

#Atividade complementar

Um mural de exoplanetas

Para explorar a grande variabilidade de exoplanetas descobertos até o momento, sugerimos que os estudantes façam, em duplas, uma pesquisa sobre alguns planetas. Indicamos a seguir alguns que apresentam características interessantes.

- 51 Pegasi b (o primeiro descoberto).
- Proxima Centauri b (o mais próximo do Sistema Solar).
- HD 131399Ab (um sistema de três estrelas).
- WASP-76b (apresenta chuva de ferro).
- Gliese 1214 b (exoplaneta oceânico).
- Kepler-186f (exoplaneta habitável semelhante à Terra).
- PSO J318.5−22 (planeta errante, sem estrela).
- TrES-2b (o mais escuro).
- WASP-12b (exoplaneta sendo consumido por uma estrela).
- HAT-P-1b (o menos denso).
- SWEEPS-10b (o mais rápido).
- OGLE-2005-BLG-390Lb (o mais frio).
- KELT-9b (o mais quente).
- PSR J1719-1438 (planeta de diamante).

Ao distribuir os exoplanetas entre as duplas, evite divulgar a característica deles. Cada dupla deverá pesquisar o planeta e fazer uma breve apresentação para a turma. Uma sugestão é montar um mural ou uma apresentação com *slides* com a localização, o ano de descoberta e a característica especial do planeta.

Orientações didáticas

O ciclo de vida do Sol é um assunto que sempre desperta a curiosidade dos estudantes. Como já mencionamos, muitos pensam que o Sol vai explodir em uma supernova. No entanto, pelo que já foi estudado neste capítulo, deve ter ficado claro que apenas estrelas muito maiores do que o Sol explodem em supernovas. Sugerimos que pergunte aos estudantes qual será o caminho evolutivo do Sol, com base no que foi estudado, antes de apresentar detalhadamente o assunto.

O Sol, atualmente, está no meio de sua vida, e provavelmente existirá da maneira como é hoje por aproximadamente 4,5 bilhões de anos. Conforme ocorre a fusão do hidrogênio e a produção de gás hélio, o núcleo vai ficando mais denso e mais quente. Portanto, o Sol vai aquecendo lentamente. Quando a temperatura alcançar um valor suficiente para iniciar a fusão de hélio, o Sol produzirá muito mais energia do que hoje. Essa energia produzida vai empurrar suas camadas mais externas, que esfriarão. Dessa forma, o Sol se tornará uma gigante vermelha, alcançando raio maior do que a órbita da Terra.

Ao contrário do que se pensa, a Terra não tende a ser engolida pelo Sol nessa fase. Na entrada da fase gigante vermelha, o Sol tende a perder parte de sua massa e, como a distância dos planetas até o Sol depende da massa da estrela, com a diminuição da massa solar, é esperado que a Terra e os demais planetas migrem para órbitas mais distantes.

O Sol

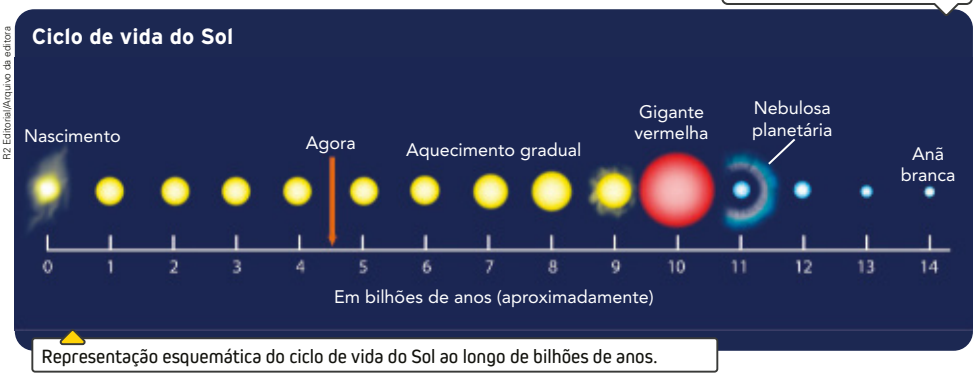
O Sol é a estrela do Sistema Solar. Segundo os modelos teóricos sobre a evolução das estrelas, estima-se que o Sol tenha se formado há cerca de 4,6 bilhões de anos e teria, aproximadamente, mais 5 bilhões de anos antes de evoluir para um estágio chamado de gigante vermelha. Nesse estágio, o Sol atingiria um tamanho muitas vezes maior do que o atual.

As previsões apontam que, nesse estágio, o Sol poderá expandir-se até a órbita de Marte, e a Terra, portanto, deixará de existir como e onde a conhecemos. Nessa previsão, espera-se que, nesse processo, o Sol se resfrie.

Assim como todas as estrelas, as etapas de desenvolvimento do Sol são muito longas quando comparadas com as do ciclo de vida dos seres humanos – cerca de 10 bilhões de anos no caso solar e cerca de uma centena de anos para os humanos. Por isso, para nós, humanos, parece que o Sol praticamente não se altera.

CORES FANTASIA

FORA DE PROPORÇÃO E DISTÂNCIAS



R2 Editorial/Arquivo da editora

Representação esquemática do ciclo de vida do Sol ao longo de bilhões de anos.

Elaborado com base em: DELIA, F. O Sol está morrendo e varrerá a vida terrestre no processo. *Agência Universitária de Notícias*, v. 46, n. 53, 2013. Disponível em: http://www.usp.br/aun/antigo/exibir?id=5336&ed=947&f=10. Acesso em: 26 fev. 2022.

Dependendo da distribuição e da quantidade de gás disponível na nebulosa, é possível formar uma, duas ou mais estrelas. Com relação ao Sistema Solar, a nebulosa foi capaz de formar apenas uma estrela, o Sol. Por pouco, não tivemos uma segunda estrela – há indícios de que, se Júpiter tivesse tempo para acumular mais material, a ponto de atingir oitenta vezes sua massa atual, ele também poderia ter se tornado uma estrela.

#Estude

O legado de um físico brasileiro para a Astronomia. CAIRES, L. *Jornal da USP*, 28 jul. 2017.
Disponível em: https://jornal.usp.br/atualidades/o-legado-de-um-fisico-brasileiro-para-a-astronomia/. Acesso em: 26 fev. 2022.
Coluna do astrofísico brasileiro João Steiner (1950-2020) sobre o físico brasileiro Mário Schenberg (1914-1990) e sua contribuição para o entendimento da evolução das estrelas.

Reprodução do Livro do Estudante em tamanho reduzido.

#Para saber

O futuro do Sol
Nesse texto, o professor Walter Maciel, da Universidade de São Paulo, explica claramente as transformações pelas quais o Sol vai passar ao longo de sua vida, até se tornar uma anã branca.
Disponível em: http://www.astro.iag.usp.br/~maciel/teaching/artigos/futuro/futuro.html.

A história (e o futuro) do Sol
Esse vídeo, com cerca de 8 minutos de duração, explica a formação e a evolução do Sol.
Disponível em: https://www.youtube.com/watch?v=tBLLuZvuyYw.
Acesso em: 20 maio 2022.

#A ciência é feita por pessoas

A observação do céu e a identificação dos corpos celestes constituem algo que fascina homens e mulheres. Vamos conhecer algumas astrônomas que se destacaram na história da ciência.

A alemã Caroline Herschel (1750-1848), após a morte do pai, foi morar com o irmão, William Herschel (1738-1822), com quem aprendeu Matemática e Astronomia. Juntos, eles identificaram o planeta Urano em 1781. Apenas William Herschel foi reconhecido pelo feito e, para compensá-la, o irmão a designou como sua assistente, tornando-se assim a primeira mulher astrônoma profissional. A partir daí, seus estudos se intensificaram e ela identificou oito cometas. Em 1828, Caroline recebeu a Medalha de Ouro da Royal Astronomical Society. Caroline faleceu aos 98 anos.

Pictorial Press Ltd/Alamy/Fotoarena

Caroline Herschel em Hannover, na Alemanha, em 1847, um ano antes de sua morte. Na imagem, Caroline aponta para a órbita de um cometa em um esquema do Sistema Solar. Informações técnicas da imagem não disponíveis.

Henrietta Leavitt (1868-1921) nasceu em Lancaster, Estados Unidos. A família mudou-se para Cleveland, devido ao trabalho de seu pai na Igreja Congregacional. Aos 17 anos, Henrietta passou a frequentar o Oberlin College, onde permaneceu por dois anos. Em seguida, a família mudou-se para Cambridge, cidade em que está localizada a Universidade de Harvard. Naquela época, a universidade não admitia mulheres, então, Henrietta foi estudar na Harvard Annex, hoje conhecida como Radcliffe College. Lá, estudou Matemática e Astronomia. Formou-se em 1892 e se voluntariou como pesquisadora assistente no Observatório de Harvard.

Royal Astronomical Society/SPL/Fotoarena

Henrietta Leavitt, astrônoma norte-americana. Fotografia publicada em 1922.

A partir daí, em seus estudos sobre as cefeidas, estrelas supergigantes de brilho variável, ela desenvolveu um método de calcular distâncias cósmicas extragalácticas. Seu método auxiliou Edwin Hubble na identificação da galáxia NGC 6822, localizada a uma distância maior que duas vezes o tamanho da Via Láctea.

#Estude

Mulheres na Astronomia. BATISTA, C. *Espaço Ciência*, 7 mar. 2018. Disponível em: http://www.espacociencia.pe.gov.br/?p=12238. Acesso em: 20 abr. 2022.

Nesse *site* do Espaço Ciência, que pertence à Secretaria de Ciência, Tecnologia e Inovação de Pernambuco, é possível encontrar minibiografias de algumas mulheres que revolucionaram o conhecimento astronômico ao longo dos séculos.

Reprodução do Livro do Estudante em tamanho reduzido.

#Atividade complementar

Quem são os(as) cientistas?

Esta atividade pode ser proposta antes do boxe *#A ciência é feita por pessoas* e mobiliza a competência específica 1 de Ciências da Natureza.

Converse com os estudantes sobre quem são os cientistas. Para isso, proponha algumas perguntas: Como é a rotina deles? Eles moram sozinhos ou com a família? Trabalham sozinhos ou em grupo?

Após pensarem a respeito, peça aos estudantes que formulem perguntas que eles fariam a um(a) cientista. Observe que a intenção é pensar no perfil dos cientistas, e não na produção do conhecimento científico.

Se você ou a escola tiver contato com algum(a) cientista, uma possibilidade é convidar esse profissional para uma entrevista coletiva. Também é possível contactar previamente o(a) cientista e enviar as perguntas por *e-mail*, por exemplo.

Orientações didáticas

#A ciência é feita por pessoas

Este boxe busca destacar os grandes nomes por trás das pesquisas e descobertas científicas, bem como o contexto histórico no qual elas foram realizadas. Conhecer História e Filosofia da ciência é fundamental para a compreensão de que a ciência é um processo dinâmico e mutável, relacionado com diversos fatores do cotidiano, da dinâmica da natureza e que seus diversos conceitos foram desenvolvidos com base na metodologia científica, levando em consideração os conhecimentos adquiridos posteriormente em uma cultura ou pela comunidade científica.

O objetivo deste texto é analisar a visão que os estudantes têm das pessoas que fazem ciência. Em geral, tende-se a imaginar cientistas através de um estereótipo que tem sido reforçado na mídia em geral, principalmente no cinema: homens brancos, com poucas habilidades sociais, que vivem e trabalham sozinhos e que, muitas vezes, fazem descobertas súbitas.

Sugerimos que, antes de trabalhar o texto, questione os estudantes sobre as imagens que vêm à mente quando eles pensam nas descobertas científicas e nos cientistas.

Converse sobre as ideias dos estudantes e destaque que a realidade, no entanto, é muito diferente dos modelos estereotipados. Há cientistas homens e mulheres de diferentes países e etnias. Eles têm família, sonhos e desafios a serem superados. As descobertas científicas são fruto de muito trabalho e, por vezes, de conflitos, e não de momentos de inspiração súbita, como muitas vezes é retratado.

O boxe relata as histórias de três cientistas: a alemã Caroline Herschel, a americana Henrietta Leavitt e a brasileira Duília de Mello. Sugerimos como estratégia que o boxe seja lido individualmente pelos estudantes, que podem apontar características que chamem a atenção deles nos relatos.

Orientações didáticas

#A ciência é feita por pessoas

Após a leitura do boxe, espera-se que os estudantes destaquem o preconceito sofrido por Caroline Herschel e Henrietta Leavitt, que foram descreditadas de seu trabalho ou impedidas de ingressar em universidades. Duília, a mais recente das cientistas estudadas no boxe, alcançou o reconhecimento pelo seu trabalho e conseguiu ocupar um lugar de destaque na ciência.

Henrietta Leavitt foi nomeada chefe de fotometria estelar no Observatório da Universidade de Harvard em 1921, mas não viveu o bastante para aproveitar seu novo papel.

O trabalho de Leavitt foi fundamental para o desenvolvimento da Astronomia, Astrofísica e Cosmologia. Magnus Gösta Mittag-Leffler (1846-1927), matemático da Academia Sueca de Ciências, tentou nomeá-la para o prêmio Nobel de Física de 1926, quando descobriu que a astrônoma já havia falecido. Os prêmios Nobel não são concedidos postumamente.

A astrônoma e astrofísica brasileira Duília de Mello relata ter sido uma criança muito curiosa, fascinada pelo Universo e que escolheu estudar Astronomia para que pudesse entender tudo sobre o assunto.

Como vimos no início do capítulo, Duília identificou uma supernova (a 1997D) enquanto realizava observações de uma amostra de galáxias no European Southern Observatory (ESO) em La Silla, Atacama, no Chile.

Ela é reconhecida internacionalmente por suas ações e descobertas na ciência. A astrônoma já escreveu mais de cem artigos científicos e tem dois livros publicados. Entre suas descobertas está a maior galáxia espiral conhecida, a NGC 6872. Em 2013, Duília foi escolhida como uma das dez mulheres que mudam o Brasil pelo Bernard College/Columbia University e, no ano seguinte, foi escolhida pela revista *Época* como uma das cem pessoas mais influentes do país.

Atualmente, ela conduz investigações com o telescópio espacial Hubble para entender a formação e a evolução das galáxias, na busca de compreender como a Via Láctea se formou.

SUAMY BEYDOUN/AGIF/AFP

Duília de Mello, astrônoma e astrofísica brasileira e vice-reitora da Universidade Católica em Washington, D.C., Estados Unidos. Fotografia de 2018.

#Estude

Estrelas além do tempo. Drama. 127 min. Direção: Theodore Melfi. Título original: *Hidden Figures.* 2016.

Esse longa-metragem, baseado em fatos reais destaca a atuação de três mulheres que tiveram papel fundamental para o sucesso da conquista espacial e o envio do primeiro astronauta ao espaço. Em meio à Guerra Fria que se desencadeava nos anos 1960 e à forte segregação racial que havia nos Estados Unidos naquela época, um grupo de matemáticas negras luta para comprovar sua competência como profissionais na NASA, atuando como "computadores humanos" ao realizar complicados cálculos matemáticos e com a rapidez necessária, em um ambiente machista e de segregação racial.

Reprodução do Livro do Estudante em tamanho reduzido.

#Para saber

Visões de Ciências e sobre cientista entre estudantes do Ensino Médio
KOSMINSKY, L.; GIORDAN, M. *Química Nova na Escola*, n. 15, p. 11-18, maio 2002. Artigo que apresenta como os estudantes concebem a ciência e a figura de um cientista.
Disponível em: http://qnesc.sbq.org.br/online/qnesc15/v15a03.pdf.

Os 11 mais importantes cientistas brasileiros
Esse texto lista alguns dos cientistas brasileiros mais importantes e as contribuições de cada um em sua área de pesquisa.
Disponível em: https://www.ebiografia.com/cientistas_brasileiros_mais_importantes/.

Pesquisadoras revelam os desafios das mulheres para fazer ciência
Nessa matéria do *Jornal da USP*, analisa-se a participação das mulheres na ciência. A autora demonstra que as mulheres são maioria em número, mas ainda sofrem com a desigualdade de gênero, o que repercute em menores números de publicações e citações.
Disponível em: https://jornal.usp.br/universidade/pesquisadoras-revelam-os-desafios-das-mulheres-para-fazer-ciencia/.
Acesso em: 20 maio 2022.

A vida ao redor das estrelas

Encontrar muitas outras estrelas com planetas ao redor parece uma possibilidade plausível diante da vastidão do Universo, como demonstrou a missão com a sonda Kepler. Mas o que seria preciso para que esses planetas abrigassem vida?

As evidências indicam que as condições necessárias para a vida devem ser semelhantes às da Terra. Uma delas é que o planeta orbite uma estrela estável, ou seja, que permaneça em um estado similar por bilhões de anos. Como há uma conexão entre dois campos – os estudos dos astros feitos pela Astronomia e os estudos dos seres vivos feitos pela Biologia –, surgiu, assim, a área da **Astrobiologia**, que investiga as condições de vida no Universo.

Trata-se de uma ciência emergente, com participação de cientistas brasileiros. E não só a Astronomia e a Biologia, mas também a Química, a Física e outros campos da ciência contribuem para a investigação de vida em outros lugares do Universo e como e onde os seres humanos podem sobreviver fora da Terra.

#Integrando as Ciências

Por, pelo menos, 2 mil anos, a teoria do Universo predominante foi o geocentrismo, modelo que considera a Terra centro do Universo. Talvez isso se deva ao fato de que é mais fácil investigar algo quando nos colocamos como referência para o estudo. Seguindo esse pensamento, de maneira análoga, podemos tomar como referência a vida na Terra quando buscamos vida fora dela. Não é à toa que os extraterrestres, representados em filmes e histórias ilustradas, costumam ser humanoides, com cabeça, olhos, boca, nariz, orelhas, pescoço, ombros, braços, torso, pernas, mãos ou pés.

Mas a ciência atual nos mostra as limitações de nos colocarmos como referência. Hoje, a ciência não toma mais a Terra como centro do Sistema Solar. Nem o Sistema Solar é o centro da Via Láctea. Nem a Via Láctea é o centro do Universo.

E como responder, então, à pergunta: Estamos sozinhos no Universo?

Atualmente, a vida na Terra é a única conhecida no Universo, mas há argumentos para sugerir que não estamos sozinhos. O astrofísico estadunidense Neil deGrasse Tyson (1958-) é um dos que aceitam que há alta probabilidade de ter se desenvolvido vida em outros lugares do Universo.

O cerne do argumento é que, se o número de planetas em torno do Sol não é incomum, então, há mais planetas no Universo do que a soma de todos os sons e palavras já proferidos por todos os humanos que já viveram. Assim, mesmo que seja remota a chance de se desenvolver vida, como são muitos planetas possíveis, em alguns, ela ocorrerá. Afinal, estima-se que possa haver bilhões de planetas só na Via Láctea, apenas uma galáxia entre centenas de bilhões de galáxias do Universo.

Reprodução do Livro do Estudante em tamanho reduzido.

Orientações didáticas

Neste tópico, sugerimos trabalhar a habilidade EF09CI16. A possibilidade de existir vida fora da Terra é um tema recorrente nas Ciências. Há anos cientistas têm dedicado esforços para tentar responder a essa questão, sem, no entanto, encontrar um argumento definitivo. Pela importância do assunto, é provável que os estudantes participem da discussão, contribuindo com perguntas e comentários.

Como vimos anteriormente, os exoplanetas apresentam uma variedade muito grande de características. Para identificar aqueles em que a existência da vida como a conhecemos é mais provável, foi criado o conceito de zona habitável: a região ao redor de uma estrela na qual um planeta, com condições atmosféricas favoráveis, pode ter água no estado líquido. O raciocínio é simples: planetas muito próximos de estrelas são muito quentes, e a água evapora; planetas muito distantes são muito frios, e a água congela.

Observe que o conceito de zona habitável está relacionado com a temperatura do planeta. Ou seja, um planeta pode estar localizado na zona habitável e não possuir água, ou estar na zona habitável, mas apresentar temperaturas elevadas em razão de outras condições atmosféricas, impedindo a existência de água líquida.

Uma forma de mostrar a complexidade do tema é fazer uma listagem dos fatores que contribuem para a vida surgir e se desenvolver em um planeta. Entre eles, podemos citar que é importante que o planeta seja rochoso, que tenha temperatura ideal para que a água exista no estado líquido, que tenha quantidade significativa de água, que tenha uma atmosfera adequada, bem como um campo magnético que proteja o planeta da radiação ionizante da estrela, entre outras características. Nenhum dos exoplanetas já descobertos tem características tão adequadas quanto as da Terra.

#Integrando as Ciências

O texto deste boxe pode ser lido individualmente e depois discutido em conjunto. Pode-se perguntar aos estudantes a opinião deles sobre o tema, questionando se eles acreditam ou não na existência de vida fora da Terra. Pode-se listar argumentos contrários e favoráveis a essa hipótese. Trabalham-se, assim, a competência geral 7 e as competências específicas 2 e 5 de Ciências da Natureza.

Orientações didáticas

Para tratar da última parte do boxe, sugerimos, a seguir, uma dinâmica em que os estudantes mobilizem a imaginação para refletir sobre as várias possibilidades de vida em ambientes inóspitos.

#Atividade complementar

Como seria a vida fora da Terra? Sugerimos uma atividade que convide os estudantes a refletir e a imaginar como seria a vida em ambientes muito diferentes da Terra, que poderiam até ser considerados inóspitos. Para isso, organize a turma em grupos de quatro a cinco estudantes. Cada grupo deve discutir como poderiam ser os seres vivos que habitassem planetas muito diferentes, como os exoplanetas citados na *#Atividade complementar* "Um mural de exoplanetas", ao final do tópico *Estágios de vida de uma estrela*. Pode ser que eles precisem rever ou pesquisar as características dos planetas para realizar essa atividade. Depois, cada grupo deve fazer um desenho dos seres vivos imaginados e apresentar ao restante dos colegas.

#Para saber

Do *big bang* à vida inteligente: as quatro eras da astrobiologia
Nesse vídeo, com cerca de 17 minutos, o físico Marcelo Gleiser fala sobre a vida no Universo.
Disponível em: https://youtu.be/_0smSz1FfoE.

Origens da vida
Nessa palestra, com cerca de 1 hora e 15 minutos de duração, o professor Douglas Galante explica como a vida surgiu na Terra e quais fatores do nosso planeta foram essenciais para que isso acontecesse.
Disponível em: https://www.youtube.com/watch?v=ax5lYXTbqhA.

A origem da vida e vida extraterrestre
Nesse texto, do Instituto de Física da Universidade Federal do Rio Grande do Sul, são abordadas a origem da vida na Terra e a possibilidade de vida em outros planetas.
Disponível em: http://astro.if.ufrgs.br/vida/index.htm.

What Is the Habitable Zone?
Esse vídeo da Nasa , com menos de 3 minutos de duração, explica o que é a zona habitável. O vídeo é narrado em inglês, mas o recurso de traduzir a legenda pode ser ativado.
Disponível em: https://www.youtube.com/watch?v=J04YN9azln8&t=65s. Acesso em: 21 maio 2022.

Além da questão da probabilidade, outro argumento envolve a composição química da vida na Terra. Alguns poucos elementos – hidrogênio, oxigênio e carbono – representam mais de 95% dos átomos no corpo humano e em toda a vida conhecida. Esses também são os três elementos quimicamente ativos mais abundantes no cosmos. Logo, a combinação desses elementos químicos muito disponíveis no Universo também poderia levar ao desenvolvimento de vida em outros lugares. Isso não impede, contudo, que formas de vida baseadas em outras composições químicas sejam possíveis.

Image Press Agency/NurPhoto/AFP

Neil deGrasse Tyson (1958-), astrofísico estadunidense. Entre outras ações de divulgação científica, deGrasse apresentou a série televisiva *Cosmos: Uma Odisseia do Espaço-Tempo*. Fotografia de 2020.

No entanto, isso não significa que supostas formas de vida fora da Terra se assemelhem à nossa. Astrobiólogos enfatizam a necessidade de fugirmos da tendência de nos tomarmos como referência. Pense na própria diversidade de vida em nosso planeta tomando como exemplo algas, besouros, águas-vivas, cobras, gaviões e araucárias. Eles têm tamanhos, aparências, tempos de vida e habitam ambientes muito diferentes. Se você não conhecesse esses seis organismos, dificilmente os imaginaria vivendo em um mesmo planeta. Imagine como seria descrever uma cobra para quem nunca viu uma delas: "Existe esse ser vivo no planeta X que: 1) tem detectores de radiação infravermelha para perseguir sua presa; 2) engole outros seres vivos inteiros que são até cinco vezes maiores que a própria cabeça; 3) não tem braços nem pernas, mas algumas espécies podem chegar a até 10 m de comprimento; 4) é capaz de deslizar com uma velocidade superior a 10 km/h, algumas delas a mais de 20 km/h!". Não seria fácil imaginar, não é mesmo? Buscar formas de vida em outros astros, ou as condições para que ela possa se desenvolver, é um dos desafios das Ciências.

#Estude

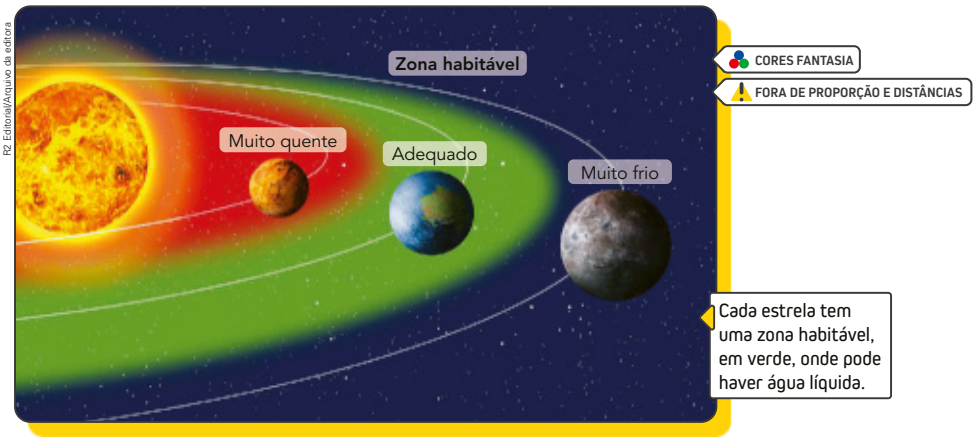
Cosmos: Uma Odisseia do Espaço-Tempo. Documentário científico. Produção: Seth MacFarlane e Ann Druyan. Título original: *Cosmos: A Spacetime Odyssey*. 2014.
Série estadunidense do programa homônimo, produzido na década de 1980 pelo cientista Carl Sagan (1934-1996), em nova versão apresentada pelo astrofísico Neil deGrasse. Os capítulos da série abordam o estudo de teorias espaciais e a exploração científica.

Zona habitável

Uma das áreas de estudo da Astrobiologia é a investigação de **zonas habitáveis**. Trata-se da busca por regiões de um sistema planetário que apresentem condições para a existência e a manutenção de água no estado líquido, junto a outras características, por exemplo, a presença de uma superfície rochosa e uma atmosfera respirável, condições mínimas necessárias para a vida humana (e para várias outras formas de vida terrestre).

Reprodução do Livro do Estudante em tamanho reduzido.

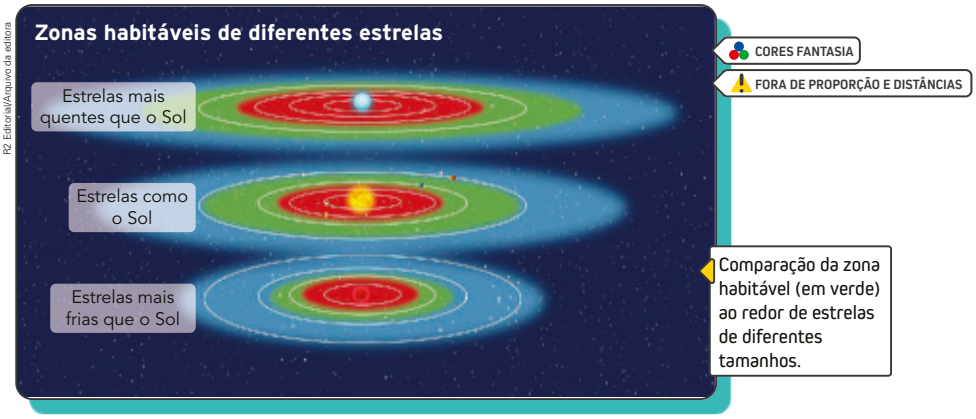
A zona habitável depende da massa da estrela, que se relaciona com a sua temperatura, em torno da qual os planetas orbitam. Planetas muito próximos são quentes e evaporam sua água. Planetas muito distantes são frios e podem ter apenas água congelada.



F2 Editorial/Arquivo da editora

Elaborado com base em: NASA. Exoplanet Exploration. *The Search for life*, 2 abr. 2021. Disponível em: https://exoplanets.nasa.gov/search-for-life/habitable-zone/. Acesso em: 27 fev. 2022.

A ilustração a seguir apresenta uma comparação da distância da zona habitável de acordo com a temperatura da estrela que os planetas orbitam. Observe que, nas estrelas mais quentes, a zona habitável está mais distante. Nas estrelas mais frias, essa região está mais próxima.



F2 Editorial/Arquivo da editora

Elaborado com base em: NASA. Habitable Zones of Different Stars. *Kepler and K2*, 26 out. 2018. Disponível em: https://www.nasa.gov/ames/kepler/habitable-zones-of-different-stars/. Acesso em: 27 fev. 2022.

No Sistema Solar, a zona habitável ocupa a região entre a órbita de Vênus e Marte – e não é por acaso que a Terra está contida nessa região. É bom lembrar que, em nosso planeta, a água é encontrada em três estados físicos: sólido, líquido e gasoso.

Reprodução do Livro do Estudante em tamanho reduzido.

Orientações didáticas

É importante destacar que o conceito de zona habitável não necessariamente garante as condições ideais para a vida humana. Marte está na zona habitável do Sol, mas não possui água. Vênus também se localiza na zona habitável do Sol, mas suas condições atmosféricas extremas elevam sua temperatura até 470 °C.

#Para saber

Astrobiologia e a busca por vida fora da Terra
Videoaula, com 1 hora e 12 minutos de duração, sobre a origem da vida na Terra e como são feitas as buscas por vida em outros planetas.
Disponível em: https://www.youtube.com/watch?v=aI2aH04CQ8Q.

De dentro da USP, grupo estuda a vida fora da Terra
Reportagem do *Jornal da USP* sobre o Laboratório de Astrobiologia e as pesquisas sobre a probabilidade de existir vida fora a Terra.
Disponível em: https://jornal.usp.br/universidade/de-dentro-da-usp-grupo-estuda-a-vida-fora-da-terra-2/.

Cientistas vão em busca das marcas de vida extraterrestre
Áudio da Rádio USP em que o professor João Steiner fala sobre a busca por vida extraterrestre.
Disponível em: https://jornal.usp.br/atualidades/cientistas-vao-em-busca-das-marcas-de-vida-extraterrestre/.

Cientistas da USP avaliam potencial de vida em lua de Júpiter
Estudo sobre a possibilidade de vida em Encélado, uma das luas de Júpiter.
Disponível em: https://jornal.usp.br/ciencias/cientistas-da-usp-avaliam-potencial-de-vida-em-lua-de-jupiter/. Acesso em: 21 maio 2022.

Orientações didáticas

#Para ler

Habitabilidade

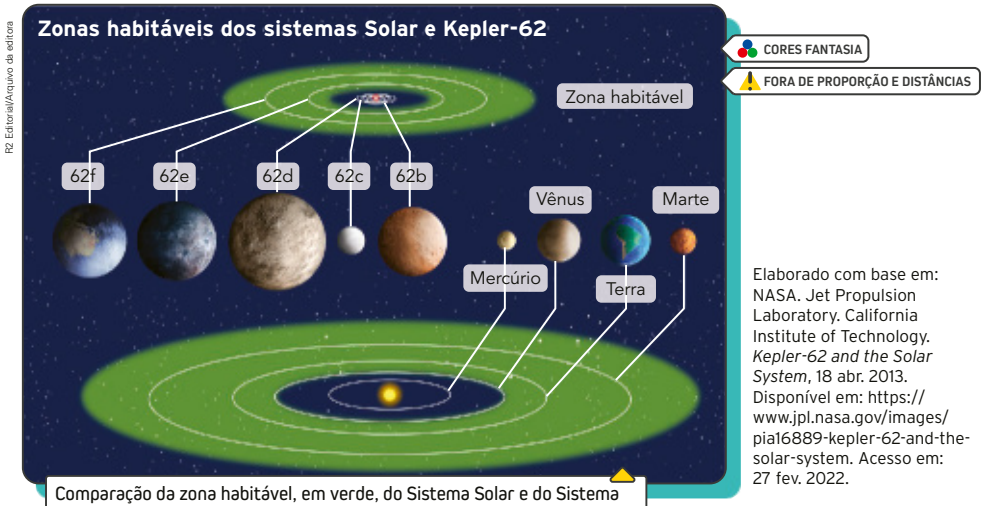
A existência e manutenção da vida, tal como a conhecemos na Terra, é baseada em um conjunto de propriedades razoavelmente bem estabelecido, embora permaneçam dúvidas sobre diversos detalhes. Entre as propriedades mais essenciais está uma estrela de longa vida, como o Sol, capaz de proporcionar energia luminosa de modo estável durante vários bilhões de anos. Esse longo tempo é necessário em função do que aprendemos com o exemplo da Terra: a evolução da vida em nosso planeta exigiu uma longa trajetória desde os mais simples micro-organismos até o surgimento de vida complexa, ou pelo menos de seu aparecimento no registro fóssil, e por fim de inteligência.

As condições de habitabilidade em um sistema planetário estão diretamente ligadas à massa da estrela, que fixa não apenas sua luminosidade, mas também seu tempo de vida. Do ponto de vista planetário, outra propriedade essencial é a existência de um planeta dito "rochoso", tal como a Terra, que seja capaz de manter água líquida na superfície durante os bilhões de anos supostamente necessários para a evolução de vida multicelular. Esse planeta deve ainda possuir um campo magnético expressivo, capaz de proteger sua superfície e sua biosfera do ataque de partículas energéticas provenientes dos ventos estelares e dos raios cósmicos. Deve também ser capaz de manter atividade geológica durante bilhões de anos.

A exigência de tais atributos é basicamente "chauvinista", ou seja, está ancorada em nosso conhecimento imediato de como a vida surgiu e evoluiu no planeta Terra: essa é a única fórmula conhecida pela ciência que com certeza produziu resultados. Podemos imaginar formas de vida baseadas em outros líquidos que não a água? Ou haveria a possibilidade de manutenção de vida baseada em água líquida, porém em planetas, ou mesmo satélites, completamente diferentes da Terra? Todas essas perguntas são fundamentais para avaliarmos as possibilidades de vida no Universo como um todo. As respostas, embora firmemente respaldadas por nosso conhecimento atual, permanecem ainda no terreno da especulação.

GALANTE, D. *et al.* (org.). *Astrobiologia*: uma ciência emergente. São Paulo: Tikinet: IAG/USP, 2016. Disponível em: https://www.iag.usp.br/astronomia/sites/default/files/astrobiologia.pdf. Acesso em: 3 jun. 2022.

Já para o sistema planetário da estrela Kepler-62, localizado a 1200 anos-luz da Terra, a situação é diferente. Esse sistema planetário tem no seu centro uma estrela anã bem menor e mais fria que o Sol. Com isso, a região habitável está mais próxima da estrela em comparação com o Sistema Solar. Veja, na imagem a seguir, uma comparação do Sistema Solar com esse sistema. Note que há três planetas do Sistema Kepler-62 que estão na região habitável dessa estrela.



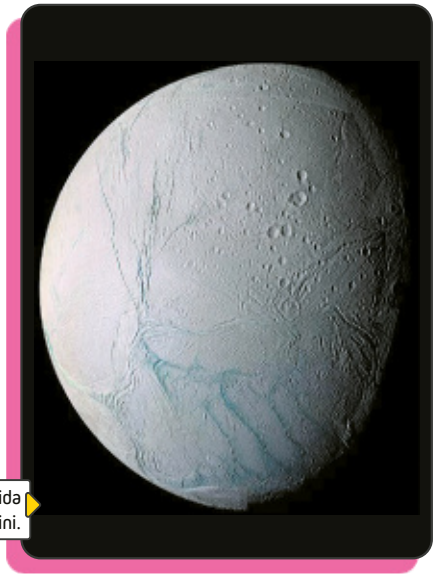
R2 Editorial/Arquivo da editora

Comparação da zona habitável, em verde, do Sistema Solar e do Sistema Kepler-62, com cinco planetas detectados ao seu redor, dois deles dentro da região habitável.

Elaborado com base em: NASA. Jet Propulsion Laboratory. California Institute of Technology. *Kepler-62 and the Solar System*, 18 abr. 2013. Disponível em: https://www.jpl.nasa.gov/images/pia16889-kepler-62-and-the-solar-system. Acesso em: 27 fev. 2022.

O foco de discussão das zonas habitáveis são os planetas, mas satélites também podem potencialmente abrigar vida, desde que apresentem as condições adequadas para tal. Também é possível que haja vida fora da zona habitável.

No Sistema Solar, no satélite Europa, de Júpiter, há evidências da existência de uma camada de gelo e estima-se que há água no estado líquido abaixo dela. O mesmo ocorre em Encélado, o sexto maior satélite natural de Saturno. Nos dois casos, as temperaturas na superfície desses satélites são muito baixas, entre −148 °C e −223 °C em Europa e entre −128 °C e −240 °C em Encélado. Porém, assim como na Antártida e na Groenlândia são encontradas bactérias sobrevivendo a cerca de 3 mil metros abaixo da camada de gelo da superfície, também pode haver formas de vida nesses satélites.



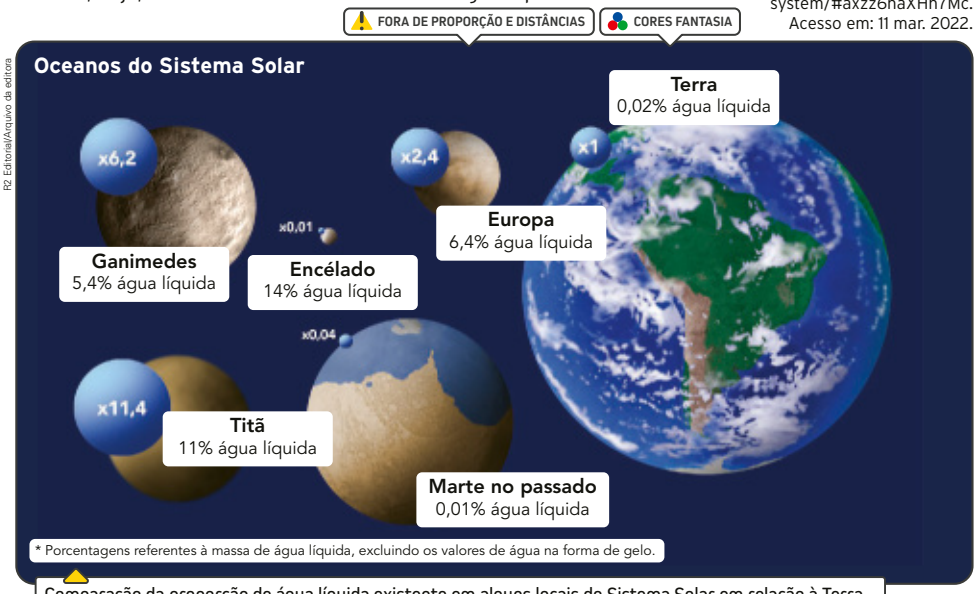
JPL/Space Science Institute/NASA

Encélado, um dos satélites de Saturno. Imagem obtida de fotografias feitas em 2005 pela sonda Cassini.

Reprodução do Livro do Estudante em tamanho reduzido.

Observe a imagem a seguir, que apresenta uma comparação da quantidade de água líquida na Terra e em outros corpos celestes. A comparação é feita com base nos valores da massa dos corpos e da massa de água líquida presente neles. Na Terra, a quantidade de água no estado líquido é de apenas 0,02% de sua massa total. No satélite Europa esse percentual é de 6,4% e no satélite Encélado é de 14%, ainda que os oceanos sejam subterrâneos. No passado, Marte também teve oceanos de água líquida superficiais e, hoje, estudos indicam a existência de água líquida subterrânea.

Elaborado com base em: OCEANS of the Solar System. *Our Planet*, 18 out. 2020. Disponível em: https://ourplnt.com/oceans-of-the-solar-system/#axzz6naXHh7Mc. Acesso em: 11 mar. 2022.



R2 Editorial/Arquivo da editora

Comparação da proporção de água líquida existente em alguns locais do Sistema Solar em relação à Terra. As porcentagens são referentes à massa de água líquida, excluindo os valores de água na forma de gelo.

#Estude

- **Pesquisadores encontram "quantidades significativas de água" em Marte.** STRICKLAND. A: *CNN Brasil*, São Paulo, 17 dez. 2021.
  Disponível em: https://www.cnnbrasil.com.br/tecnologia/pesquisadores-encontram-quantidades-significativas-de-agua-em-marte/. Acesso em: 27 fev. 2022.
  Matéria jornalística de dezembro de 2021 sobre a identificação de quantias significativas de água líquida subterrânea em Marte.

- **A busca de vida nos mundos oceânicos do Sistema Solar.** BENDIA, A. G. *Olhar Digital*, 15 mar. 2021.
  Disponível em: https://olhardigital.com.br/2021/03/15/ciencia-e-espaco/a-busca-de-vida-nos-mundos-oceanicos-do-sistema-solar/. Acesso em: 27 fev. 2022.
  Texto de divulgação científica da astrobióloga brasileira Amanda Gonçalves Bendia (1988-) sobre a importância de oceanos para a vida. O texto também traz informações sobre evidências da presença de oceanos superficiais em alguns planetas e satélites do Sistema Solar.

Será que o ser humano poderia viver em algum desses astros do Sistema Solar? Leia o trecho a seguir, com respostas de três astrônomas brasileiras para esta questão: Ana Carolina Posses Nascimento (1995-), Geisa Ponte (1984-) e Duília de Mello.

Reprodução do Livro do Estudante em tamanho reduzido.

Orientações didáticas

Antes de apresentar o assunto, sugerimos que pergunte aos estudantes qual é a proporção da água em relação aos continentes no nosso planeta. É provável que eles respondam que o planeta possui três quartos de água. Essa proporção é bastante conhecida e evidencia que a água é um recurso natural abundante na Terra. No entanto, é importante enfatizar que essa proporção é uma relação superficial, e não de massa. Isso acontece porque os oceanos existem apenas na camada mais externa do planeta, e não em toda a sua estrutura. A proporção de massa de água em relação à massa total do planeta é muito menor: corresponde a apenas 0,02%.

Na imagem apresentada nesta página há várias informações que podem ser usadas para comparar a quantidade de água da Terra com a presença de água em outros planetas e luas. Dentro de cada retângulo branco, há a proporção de água em relação à massa de cada planeta ou lua. O valor indicado no círculo azul é uma comparação entre o volume de água líquida do astro em relação ao volume de água líquida na Terra. Europa, por exemplo, tem um volume de água que corresponde a 6,4% de sua massa, o que equivale a 2,4 vezes a quantidade de água da Terra. Como Encélado é um satélite pequeno, com cerca de 500 km de diâmetro, mesmo tendo grande percentual de água líquida em relação à sua massa total, o volume total de água é muito pequeno: apenas 1% do volume de água existente na Terra.

#Para ler

A vida nas luas geladas do Sistema Solar

Luas geladas constituem uma classe de satélites naturais que orbitam os gigantes gasosos do nosso Sistema Solar e cuja superfície é composta principalmente por gelo. Embora diversos satélites sejam classificados como luas geladas, estas apresentam características muito distintas, especialmente quanto à capacidade de promover o surgimento e a manutenção da vida.

Irwin e Schulze-Makuch (2001) consideraram que existem três requisitos mínimos para o surgimento e a manutenção da vida: 1) presença de um meio líquido; 2) uma fonte de energia; 3) componentes e condições que possibilitem reações químicas capazes de formar moléculas complexas. Nessas condições, assume-se que a vida seria capaz de surgir e de se adaptar a mudanças do ambiente. Assim, a possibilidade de haver vida em um corpo celeste seria tão grande quanto sua capacidade de suprir essas necessidades.

GALANTE, D. *et al.* (org.). Astrobiologia: uma ciência emergente. São Paulo: Tikinet: IAG/USP, 2016. Disponível em: https://www.iag.usp.br/astronomia/sites/default/files/astrobiologia.pdf. Acesso em: 3 jun. 2022.

Orientações didáticas

#Para interpretar

O texto discute a possibilidade de encontrar um ambiente fora da Terra em que a humanidade consiga viver. Essa possibilidade é sempre explorada em obras de ficção, como filmes, séries e livros. No entanto, é importante ressaltar que as condições para a nossa sobrevivência ainda não foram encontradas em nenhum outro lugar conhecido do Universo. Por isso, é fundamental que os estudantes percebam, com base nesse tema, a importância de cuidar do nosso planeta.

Sugere-se como estratégia que os estudantes discutam as perguntas em duplas, aproveitando para trabalhar a **metodologia ativa** de aprendizagem por pares. Depois, a discussão pode ser feita com toda a turma.

Além da habilidade EF09CI16, o texto e as atividades do boxe *#Para interpretar* contribuem com o desenvolvimento da competência geral 7 e da competência específica 5 de Ciências da Natureza ao propor que os estudantes justifiquem suas respostas utilizando argumentos.

1. Espera-se que os estudantes apresentem a relação entre a temperatura do planeta e a distância em relação à sua estrela, se é rochoso ou gasoso, se possui água ou não. Algumas dessas condições podem ser supridas pelos desenvolvimentos científicos e tecnológicos, como ambientes pressurizados e alimentados com oxigênio para a respiração ou estufas para o cultivo dos alimentos.
2. Espera-se que os estudantes compreendam que a água é uma condição necessária, mas não é a única. Além de existir água, o planeta precisa ser rochoso, ter uma atmosfera adequada, apresentar campo magnético que proteja o planeta de partículas do vento solar e dos raios cósmicos, entre outras características.
3. Caso os estudantes não tenham acesso à internet, é possível fornecer a eles as distâncias, restando apenas o cálculo da regra de três do tempo de viagem, tomando-se como referência a distância de 41 000 000 km até Vênus e os três meses de viagem informados no texto.
   Uma sugestão de *site* para a pesquisa está disponível em: https://www.if.ufrgs.br/~fatima/ead/grao.htm (acesso em: 17 jun. 2022), que contém tabelas com informações sobre os astros, incluindo a distância entre os planetas do Sistema Solar.

#Para interpretar

GRUPO

NÃO ESCREVA NO LIVRO

Seria possível vivermos em outro planeta? Astrônomas respondem

[...]

Se saíssemos do nosso planeta hoje, demoraríamos uns três meses para chegar ao nosso vizinho Vênus, mas que não poderia nos abrigar. Vênus tem uma atmosfera tão espessa que não conseguimos nem ver sua superfície. Ele sofre de um severo efeito estufa: boa parte da luz do Sol que entra fica presa dentro da atmosfera do planeta, aquecendo-o a temperaturas maiores que 480 °C. [...]

Mas e uma ida até Mercúrio, o menor dos planetas? Mercúrio não tem atmosfera e está muito próximo do Sol. Enquanto durante o dia a temperatura ultrapassa 400 °C, à noite chega a −179 °C. [...]

Então vamos para Marte, afinal é o planeta alvo das próximas explorações espaciais, certo? Apesar de todo esforço científico e tecnológico, sabemos que ainda falta muita pesquisa e desenvolvimento para ser factível uma caravana de colonização ao Planeta Vermelho. [...] Atualmente, os únicos habitantes de Marte são os robozinhos [...], e eles mesmos nunca encontraram nenhum sinal de que houve vida lá antes (o que não quer dizer que não houve). De todos os planetas do Sistema Solar, Marte é o mais hospitaleiro [...] A temperatura no verão é boa, chegando a uns 20 °C, mas o inverno é severo: pode atingir −140 °C. A atmosfera é bem fina e o gás principal é o CO_2, que sabemos não ser bom para nós.

Podemos cogitar os gigantes gasosos: Júpiter, Saturno, Urano e Netuno? Nem pensar. Esses planetas não têm a superfície rochosa de que necessitamos para viver, portanto não serão nossas futuras casas. Porém, algumas das luas destes planetas têm características interessantes.

Júpiter tem uma das luas mais intrigantes do Sistema Solar, Europa. Uma lua congelada lindíssima, que contém oceanos debaixo de uma crosta de gelo de uns 20 km de espessura. A Nasa tem planos de enviar uma sonda não tripulada até lá em breve para explorar a água líquida debaixo do gelo. Mas [...] dificilmente seria possível humanos se mudarem para lá, principalmente pelas temperaturas tão baixas, pelo deserto gélido e permanente, além da escassa energia do Sol disponível.

Outra favorita é Titã, uma das luas de Saturno. Ela tem quase tudo para ser um local hospedeiro, exceto a baixa temperatura de −180 °C. [...] O solo de Titã é cheio de pedras e areia e muito parecido com desertos terrestres. Titã é a segunda maior lua do Sistema Solar (a maior é a lua de Júpiter, Ganímedes) e tem também estações do ano e lagos de metano que até poderiam abrigar vida, mas não a nossa.

Moral da História: o Sistema Solar não tem aquele paraíso no qual sonhamos viver um dia. [...]

POSSES, A.; MELLO, D. de; PONTE, G. Seria possível vivermos em outro planeta? Astrônomas respondem. Revista *Galileu*, 7 abr. 2020.

1 **De acordo com o texto, há condições favoráveis para a vida humana em outro astro do Sistema Solar? Expliquem.** 1. Não, por não haver atmosfera, temperaturas e disponibilidade de energia solar adequadas.

2 **A disponibilidade de água é condição suficiente para a manutenção da vida humana fora da Terra? Expliquem.** 2. Espera-se que o os estudantes respondam que não é suficiente. Consulte as Orientações didáticas.

3 **De acordo com as astrônomas citadas no texto, com a tecnologia atual, uma viagem até Vênus demoraria cerca de três meses.**

Considerando o tempo de viagem proporcional à distância, pesquisem a menor distância da Terra até Mercúrio, Vênus, Marte, Júpiter e Saturno e estimem quanto tempo levaria para chegar a cada um deles.

4 **Quais são as possíveis dificuldades envolvidas com viagens espaciais de seres humanos para exoplanetas?** 4. Tempo da viagem, formas de alimentação e combustível necessário são algumas das dificuldades que podem ser citadas.

Reprodução do Livro do Estudante em tamanho reduzido.

Menor distância		Tempo de viagem
Vênus-Terra	41 000 000	3 meses (informado no texto)
Mercúrio-Terra	91 000 000	Quase 7 meses
Marte-Terra	78 000 000	Quase 6 meses
Júpiter-Terra	628 000 000	Quase 46 meses
Saturno-Terra	1 277 000 000	Quase 93 meses

Fonte: SARAIVA, M. de F. A Terra como um grão de coentro. Disponível em: http://www.if.ufrgs.br/~fatima/ead/grao.htm. Acesso em: 10 jun. 2022.

4. O exoplaneta mais próximo da Terra está a 4,2 anos-luz ($1{,}135 \cdot 10^{13}$ km), o que, seguindo a proporção feita na atividade 3, exige um tempo de viagem de cerca de 70 mil anos. Existem estudos que indicam a possibilidade de diminuir esse tempo de viagem para algumas décadas, mas mesmo assim uma viagem para exoplanetas seria feita por algumas gerações de astronautas. Os filmes *Wall-e* (2008) e *Passageiros* (2017) podem ser sugeridos para mobilizar o debate sobre as dificuldades relacionadas a viagens a outros astros. Mencionar alguns filmes de ficção que abordam o assunto é uma possibilidade de explorar a **cultura juvenil** e aproximar o tema da aula aos interesses dos estudantes.

#ATIVIDADES

NÃO ESCREVA NO LIVRO

Consulte as Orientações didáticas para respostas e comentários das atividades.

1. Neste capítulo, estudamos como os astrônomos e outros cientistas conduzem investigações científicas para a identificação de corpos celestes. Agora, é a sua vez de observar o céu noturno. Você vai investigar o céu e fazer registros do que conseguir identificar. Para isso, peça a ajuda de um adulto. Procurem um local à noite com a menor iluminação artificial possível. Em seguida, realize as seguintes etapas:

a) Inicialmente, faça uma rápida contagem/estimativa do número de estrelas no céu que você consegue observar. Veja se há alguma constelação ou asterismo que você tenha estudado nesta unidade. Anote o número encontrado e o que você observou.

b) Em seguida, para uma observação mais específica, escolha uma região do céu. Note as diferenças de tamanho, posição, brilho e tonalidade das estrelas. Em uma folha de papel sulfite, faça um desenho ou esquema representativo do que você observou, evidenciando as características de cada objeto.

c) Compartilhe o seu desenho com os colegas da turma e discutam sobre a experiência de observação do céu: o que registraram, as dificuldades enfrentadas na observação e o que mais gostaram nessa experiência. Será que vocês observaram o mesmo céu?

GRUPO

2. A atividade a seguir envolve a elaboração de um questionário sobre estrelas para ser aplicado na comunidade escolar. Para realizá-la, formem grupos de até quatro integrantes e observem as seguintes etapas:

a) Em grupo, elaborem um questionário com, no máximo, quatro perguntas sobre estrelas. Observem os seguintes exemplos: O Sol é uma estrela? O que são as estrelas? Estrelas podem desaparecer? Por que as estrelas podem ter cores diferentes? Cada integrante do grupo pode contribuir com uma pergunta ou todos podem discutir as questões e chegar a um consenso.

b) Respondam às perguntas elaboradas no item **a**. Depois, mostrem as perguntas e as respostas ao(à) professor(a), corrigindo-as, se necessário.

c) Agora, o objetivo é construir apenas um questionário com base nas perguntas de toda a turma. Comecem observando as perguntas elaboradas pelos outros grupos e, juntos, descartem as questões similares. Selecionem algumas perguntas, pode ser por votação ou por consenso, e montem um questionário único da turma. Se possível, façam esse questionário usando recursos digitais, como formulários *on-line* ou editores de texto. Se não for possível, o questionário pode ser escrito em uma folha de caderno. O ideal é que o questionário não exija mais do que cinco minutos para ser respondido. Vocês podem fazer um teste e pedir a outra pessoa que responda o questionário, a fim de que possam avaliar se o tempo estimado foi suficiente. Caso o preenchimento do questionário exceda o tempo recomendado, exclua questões.

d) Cada estudante de cada grupo deve aplicar o questionário da turma para, pelo menos, duas pessoas da comunidade escolar, por exemplo, funcionários, pais, responsáveis e moradores do entorno da escola. Depois que o questionário for respondido, disponibilize para a pessoa as respostas corretas dadas pela turma e coloque-se à disposição para dirimir quaisquer dúvidas. Se não souber a resposta no momento, avise a pessoa que você vai conversar com o(a) professor(a) e os colegas e, em seguida, dará a resposta correta. Nos serviços *on-line* de formulários eletrônicos é possível mostrar as respostas corretas a quem respondeu ou colocá-las em uma página final, após o envio das respostas, com um agradecimento por ter respondido à pesquisa. Isso também pode ser feito em um editor de texto ou em uma folha de caderno, entregando a página impressa ou mostrando a folha de caderno com as respostas depois que a pessoa tiver respondido ao questionário.

Reprodução do Livro do Estudante em tamanho reduzido.

Orientações didáticas

As atividades desta seção abordam os conceitos que foram trabalhados neste capítulo, revisando e reforçando os conteúdos vistos, e desenvolvem as habilidades EF09CI16 e EF09CI17, as competências gerais 2, 3 e 4 e as competências específicas 2 e 6 de Ciências da Natureza.

#Atividades

1. a, **b**, **c)** Pode-se indicar aos estudantes que utilizem algum *software* ou aplicativo de localização dos astros, como o Stellarium (disponível em: https://stellarium-web.org/, acesso em: 24 jun. 2022) ou o Google Sky Map. Espera-se que os estudantes sejam capazes de evidenciar as diferenças observadas na tonalidade, na posição e no tamanho com o uso de cores e a variação da espessura dos traços. Alguns poderão registrar o mesmo conjunto de estrelas. Ressalte que todos observam o mesmo céu e que as diferenças estão associadas ao horário da observação.

2. a, **b**, **c**, **d)** Auxilie os estudantes com as perguntas e as respostas e depois com o retorno à comunidade que respondeu ao questionário, estimulando-os a fazer pesquisas, se necessário. Para as perguntas fornecidas como exemplo, as respostas são: "O Sol é uma estrela?" – Sim. "O que são estrelas?" – Estrelas são astros esféricos que têm luz própria, produzida por meio da reação nuclear de fusão. "Estrelas podem desaparecer?" – Sim, por exemplo, ao explodirem em uma supernova se sua massa for suficientemente grande. "Por que as estrelas podem ter cores diferentes?" – Em razão de sua temperatura e da composição química. Se julgar pertinente, trabalhe em parceria com o(a) professor(a) de Matemática e proponha aos estudantes que analisem as respostas dadas pelas pessoas e construam tabelas e gráficos que mostrem o percentual de acerto a cada pergunta e, se houver opções de resposta, o percentual de marcação de cada resposta. Planilhas eletrônicas e outros recursos digitais podem ser usados nessa tarefa, promovendo o trabalho com a competência geral 5.

Orientações didáticas

#Atividades

3. a) A resposta à questão está no Livro do Estudante. De acordo com a tirinha, Betelgeuse morreu. Isso pode acontecer, pois as estrelas têm um ciclo de vida. Betelgeuse, na realidade, é uma estrela que, de acordo com os dados e os modelos, pode estar perto da morte.

b) O tempo de evolução das estrelas depende da massa: quanto menor a massa, menor a temperatura, e mais tempo a estrela demora para esgotar seu combustível. Dessa forma, estrelas jovens podem morrer, desde que sejam estrelas de grande massa.

c) A estrela maior, amarela, pode representar uma estrela na fase adulta, como o Sol. A estrela menor pode representar uma estrela anã branca, que é um objeto remanescente de estrelas de massa baixa ou intermediária, como o Sol, após a fase de gigante vermelha.

4. Espera-se que os estudantes produzam um esquema similar aos encontrados nas páginas em que podem ser lidos os conteúdos dos tópicos *Estágios de vida de uma estrela* e *O Sol* (Ciclo de vida do Sol). Daqui a 5 bilhões de anos, o Sol estará maior e mais frio, entrando na fase de gigante vermelha. Nessa etapa, o Sol perderá parte de sua massa e a Terra migrará para uma órbita mais distante do Sol.

5. A argumentação requerida na atividade auxilia no desenvolvimento da competência geral 7 e da competência específica 5 de Ciências da Natureza.

a) A resposta à questão está no Livro do Estudante. A zona habitável depende da temperatura da estrela. Em estrelas mais quentes, ela é mais distante; em estrelas mais frias, ela é mais próxima.

b) Porque Gliese 581 tem temperatura menor do que a do Sol.

c) A resposta à questão está no Livro do Estudante.

d) A resposta é não. Para comparação, os artefatos humanos que mais se afastaram da Terra são as sondas Voyager, que se movimentam com velocidade de cerca de 60 000 km/h, o equivalente a 0,006% da velocidade da luz. Até 2021, o recorde de velocidade de uma sonda espacial era da sonda Solar Parker, que alcançou 586 000 km/h em uma aproximação ao Sol, cerca de 0,05% da velocidade da luz. Nessa velocidade, uma nave levaria 36 mil anos para chegar a Gliese 581. Logo, longas viagens espaciais ainda parecem muito distantes da realidade.

6. Entre as condições necessárias, os estudantes devem conseguir identificar que o planeta deve ser rochoso e apresentar água em sua superfície, ser razoavelmente iluminado e ter uma variação de temperatura não muito extrema.

7. A resposta à atividade está no Livro do Estudante.

I. Há exoplanetas com temperatura similar à da Terra, como TOI-1231 b. Mesmo que não houvesse nenhum planeta conhecido com temperatura adequada, isso não significaria que eles não existem.

III. A tecnologia atual de viagens espaciais tem velocidades muito inferiores à velocidade da luz, de modo que uma viagem até o exoplaneta Proxima Centauri b demoraria milhares de anos.

5. c) Os planetas **g** e **d** estão dentro da zona habitável, e o planeta **c** está dentro da possível extensão da zona habitável relacionada a outras variáveis, como a composição atmosférica e a atividade geológica.

3. Observe a tirinha a seguir.

QUEIROZ, L. *Cientirinhas #25*. Disponível em: http://dragoesdegaragem.com/cientirinhas/cientirinhas-25/. Acesso em: 10 mar. 2022.

3. a) Ela morreu. Sim, as estrelas têm um ciclo de vida.

a) O que aconteceu com a Betelgeuse? Isso realmente pode acontecer? Explique.

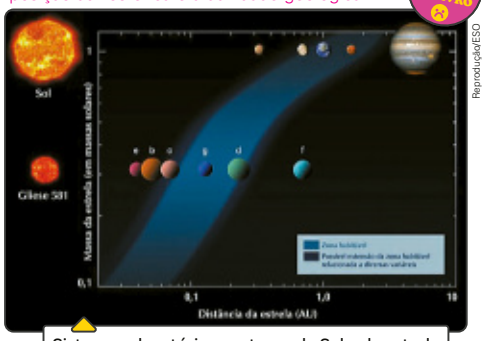
b) Refletindo sobre o ciclo de vida das estrelas, como é possível uma estrela jovem se tornar uma supernova?

c) Repare na coloração e no tamanho das personagens conversando na tirinha. Supondo que elas sejam estrelas, que tipo de estrelas poderiam ser?

4. Elabore um esquema ilustrativo que indique as principais etapas da evolução estelar do Sol. Analise o efeito sobre a Terra daqui a 5 bilhões de anos.

GRUPO

5. A imagem a seguir apresenta a zona habitável no sistema planetário em torno da estrela Gliese 581 e do Sol. No caso de Gliese 581, os planetas são identificados por letras de **b** até **g**. Em azul, está representada a faixa da zona habitável.



Sistemas planetários em torno do Sol e da estrela Gliese 581 e as respectivas zonas habitáveis.

Fonte: GALANTE, D. *et al*. (org.). *Astrobiologia*: uma ciência emergente. São Paulo: Tikinet Edição/IAG/USP, 2016. p. 350.

5. a) Não. Dependendo do tamanho e da temperatura da estrela, a zona habitável pode variar.

a) A zona habitável é a mesma para qualquer estrela? Explique.

b) Por que a zona habitável do Sol está mais afastada do que a de Gliese 581?

c) Há planetas na zona habitável de Gliese 581? Quais?

d) Gliese 581 está a 20 anos-luz de distância da Terra. Considerando que nossa tecnologia atual está longe de permitir deslocamentos de seres humanos a 1% da velocidade da luz, é viável fazer uma viagem tripulada até Gliese 581? Explique.

5. d) Não. Consulte as Orientações didáticas.

6. De acordo com o que estudamos neste capítulo, descreva ao menos três condições necessárias para que um planeta possa abrigar vida humana.

7. Entre as opções a seguir, transcreva no caderno quais argumentos são válidos sobre a sobrevivência humana fora da Terra.

I. A vida humana fora da Terra é impossível, pois não há nenhum planeta conhecido que tenha temperatura adequada, exceto a Terra.

II. Ter água no estado líquido em sua superfície faz com que o astro tenha potencial para abrigar a vida humana.

III. O exoplaneta Proxima Centauri b está na zona habitável da estrela Proxima Centauri, estrela situada a apenas 4,2 anos-luz do Sol. Com a tecnologia atual, é possível fazer uma viagem de

7. Apenas os itens **II** e **IV** apresentam argumentos válidos. Consulte as Orientações didáticas.

Reprodução do Livro do Estudante em tamanho reduzido.

8. a) Não, pois os fatos científicos que temos até o momento apontam que, apesar de a vida fora da Terra ser uma possibilidade, o único lugar que sabemos ter vida é o nosso planeta.

NÃO ESCREVA NO LIVRO

apenas 4,2 anos até o planeta para verificar se ele é habitável.

IV. Só estar na zona habitável de uma estrela não significa que um exoplaneta tem condições de abrigar vida humana. É preciso verificar, por exemplo, se ele tem uma superfície rochosa.

8. Em 1938, uma transmissão feita por uma rede de rádio estadunidense gerou pânico por parecer noticiar uma invasão da Terra por marcianos. O escritor, ator e diretor Orson Welles (1915-1985) havia adaptado para a rádio a obra de ficção científica *A Guerra dos Mundos*, de 1898, do escritor britânico H. G. Wells (1866-1946). O trecho da matéria a seguir descreve como foi essa transmissão radiofônica.

> **Há 80 anos, Guerra dos Mundos aterrorizava os EUA e marcava a Era do Rádio**
>
> Ao ligar o rádio, no domingo de Halloween de 1938, milhares de cidadãos norte-americanos ouviram um alerta nacional, com o tom preocupado de um apresentador de notícias. 'Os trechos que você vai ouvir na sequência são palavras do general de brigada Montgomery Smith, comandante da milícia estadual em Trenton, Nova Jersey.'
>
> Em seguida, uma voz ainda mais grave comunica ações de evacuação. 'Fui chamado pelo governador de Nova Jersey para manter os condados de Mercer e Middlesex, assim como ao longo do oeste de Princeton e leste de Jamesburg, sob lei marcial. Ninguém está permitido a transitar por essas áreas, exceto com uma autorização especial emitida pelo Estado ou por oficiais militares. Quatro companhias militares estão cobrindo de Trenton a Grover's Mill e vão auxiliar na evacuação das residências na área das operações militares. Obrigado.'
>
> Ao voltar para o estúdio, a descrição de um cenário assustador, com cerca de 40 corpos espalhados por todos os cantos. 'Enquanto isso, chegam alguns detalhes sobre a catástrofe que acontece em Grover's Mill. Após realizar um ataque mortal, estranhas criaturas estão voltando para suas covas', diz o radialista, antes de interromper os relatos para um informe de última hora, com o cientista Professor Pierson. 'As criaturas estão usando uma misteriosa arma, que emite um raio de calor...'
>
> Esses são apenas alguns trechos de uma transmissão de rádio que durou 57 minutos, no dia 30 de outubro daquele ano. O que era para ser uma sessão de entretenimento, baseada no clássico livro de ficção científica 'Guerra dos Mundos', de H. G. Wells, tornou-se um dos episódios icônicos da Era do Rádio — e de como a manipulação da linguagem e da informação se transformariam em pontos cruciais para o desenvolvimento da tecnologia nos anos que viriam em seguida.

YUGE, Claudio. Há 80 anos, Guerra dos Mundos aterrorizava os EUA e marcava a Era do Rádio. *Tecmundo*, 30 out. 2018. Disponível em: https://www.tecmundo.com.br/cultura-geek/135699-ha-80-anos-guerra-mundos-aterrorizava-eua-marcava-radio.htm. Acesso em: 27 fev. 2022.

Reprodução/Suma

A Guerra dos Mundos, obra de ficção científica de H. G. Wells, cuja primeira edição foi publicada em 1938.

a) De acordo com os conhecimentos científicos, é possível ocorrer uma invasão da Terra por marcianos? Explique.

b) O escritor Orson Welles adaptou a obra *A Guerra dos Mundos*, de autoria de H. G. Wells, como uma espécie de plantões de notícias intercalados com um programa musical, mas nem todos os ouvintes estavam sintonizados desde o início da transmissão, quando foi avisado de que se tratava de uma obra de ficção. Debata com os colegas sobre a responsabilidade da mídia em deixar claro o que são fatos e o que é ficção.

c) Você entraria em pânico se ouvisse um trecho do programa dessa rádio informando supostamente uma invasão extraterrestre à Terra? Como lidaria com essa informação?

d) A obra de H. G. Wells data de 1938. Na sua opinião, por que assuntos como vida extraterrestre fazem parte do imaginário das pessoas?

Reprodução do Livro do Estudante em tamanho reduzido.

Orientações didáticas

#Atividades

8. Novamente, a argumentação dos estudantes é necessária para essas questões e contribui para o trabalho com a competência geral 7 e as competências específicas 3 e 5 de Ciências da Natureza. A competência específica 3 refere-se a conhecimentos e relações entre o mundo natural, social e tecnológico. No caso do item **b**, também podem ser exploradas a necessidade de diálogo, a tomada de decisões e a ação, auxiliando no trabalho com as competências gerais 9 e 10. No item **c**, o autoconhecimento e o cuidado de si promovem a competência geral 8.

a) A resposta à questão está no Livro do Estudante. Marte já foi visitado por inúmeras sondas e, até o momento, não há nenhum indício de vida por lá.

b) Uma possível resposta é que a mídia deve deixar claro o que é verdade ou mentira, bem como evitar a divulgação de informações falsas como se fossem verdadeiras, o que atualmente chamamos de *fake news*. No caso específico de *A Guerra dos Mundos*, avisos mais recorrentes poderiam esclarecer novos ouvintes, embora pudessem atrapalhar o envolvimento do resto da audiência com a obra ficcional.

c) Uma possível resposta é que, ao refletir sobre si próprio, o estudante conclua que ficaria ansioso e em pânico, mas buscaria checar a informação em outras fontes de credibilidade e confrontar o que está ouvindo com os conhecimentos científicos que aprendeu. Assim, possivelmente se acalmaria e perceberia que a suposta invasão extraterrestre não poderia ser real.

d) Uma possível resposta é que diferentes culturas buscam respostas acerca do papel do ser humano no Universo e questionam se estamos sozinhos ou não, construindo diferentes tipos de narrativa sobre o assunto, incluindo a literatura de ficção científica. Em uma relação dialética entre a cultura e a ciência, é possível afirmar que o conhecimento científico também alimenta o imaginário relacionado à existência de vida extraterrestre, como pode ser visto na série chamada *Cosmos*, que busca indícios de vida em planetas em zonas habitáveis.

Orientações didáticas

Após o estudo desta unidade, se possível, sugerimos que você retome os objetos de conhecimento propostos com os estudantes, em especial a diversidade de interpretações culturais relacionadas aos astros celestes; a observação da regularidade dos movimentos dos astros para criar calendários e orientar-se geograficamente; a transmissão de narrativas mitológicas; a definição de termos como constelação, exoplaneta e sistema planetário; o modelo heliocêntrico do Sistema Solar; os corpos que compõem o Sistema Solar; a imensidão de estrelas e galáxias existentes no Universo; as características de uma estrela, incluindo seus estágios de vida; e o conceito de zona habitável. Com isso, pode-se verificar possíveis lacunas no processo de aprendizagem dos conceitos científicos.

Caso isso ocorra, faça uma breve revisão, apresentando os conteúdos que julgar mais pertinentes para o desenvolvimento dos estudantes. Você pode utilizar a seção *#Mural de ideias* como ferramenta para averiguar e sanar possível dúvidas dos estudantes.

#Mural de ideias

Explore os boxes apresentados revendo alguns dos principais conceitos estudados na unidade. Uma possibilidade é pedir a alguns estudantes que façam a leitura dos boxes e a outros que comentem o que lembram do conteúdo, verificando, assim, a aprendizagem sobre o tema, além de proporcionar um momento de compartilhamento dos conhecimentos apreendidos.

O *#Mural de ideias* também pode ser copiado no caderno ou utilizado como avaliação. Nesse caso, solicite aos estudantes que elaborem um resumo, um esquema, um diagrama com texto e imagem ou um mapa conceitual impresso ou digital sobre um ou mais temas apresentados nos pequenos boxes.

#Mural de ideias

Para finalizar o estudo desta unidade, vamos retomar os principais conceitos estudados até aqui?

#Para terminar

NÃO ESCREVA NO LIVRO

Com o(a) professor(a) e os colegas, respondam:

1. Como os astros podem servir para a elaboração de calendários?
   1. Observando seus movimentos periódicos no céu e marcando o tempo.
2. Como o Sistema Solar pode ter se formado?
   2. A partir de uma nebulosa, uma nuvem de gás e poeira.
3. O que é a zona habitável de um sistema planetário? **3.** É a região em torno da estrela central cuja faixa de temperatura permite a existência e a manutenção de água no estado líquido.
4. No fim desta unidade, avalie: Você conseguiu relacionar diferentes formas de ler o céu com as necessidades de distintas culturas? Você é capaz de localizar o Sistema Solar na nossa galáxia e também localizá-la no Universo? Você compreendeu o ciclo de vida de uma estrela? **4.** Respostas pessoais. Consulte as Orientações didáticas.

Reprodução do Livro do Estudante em tamanho reduzido.

#Para terminar

1. A resposta à questão está no Livro do Estudante. O tempo pode ser marcado com base no ciclo de surgimento e reaparecimento de determinada constelação na mesma posição do céu. Ciclos da Lua e do Sol também podem ser utilizados.

2. A resposta à questão está no Livro do Estudante. A maior região de aglutinação de massa da nebulosa formou o Sol e outras aglomerações de massa formaram os planetas e outros corpos.

3. A resposta à questão está no Livro do Estudante.

4. Reserve um tempo para que os estudantes respondam às questões propostas e, caso perceba defasagens na aprendizagem, retome alguns conteúdos do capítulo que achar pertinentes. Esta atividade pode ser utilizada para a autoavaliação dos estudantes.

Competências gerais e específicas

O texto completo de todas as competências gerais e específicas da área de Ciências da Natureza da Base Nacional Comum Curricular (BNCC) indicadas neste volume está disponível em: http://basenacionalcomum.mec.gov.br/images/BNCC_EI_EF_110518_versaofinal_site.pdf. Acesso em: 26 abr. 2022.

Habilidades

(EF09CI01) Investigar as mudanças de estado físico da matéria e explicar essas transformações com base no modelo de constituição submicroscópica.

(EF09CI02) Comparar quantidades de reagentes e produtos envolvidos em transformações químicas, estabelecendo a proporção entre as suas massas.

(EF09CI03) Identificar modelos que descrevem a estrutura da matéria (constituição do átomo e composição de moléculas simples) e reconhecer sua evolução histórica.

(EF09CI04) Planejar e executar experimentos que evidenciem que todas as cores de luz podem ser formadas pela composição das três cores primárias da luz e que a cor de um objeto está relacionada também à cor da luz que o ilumina.

(EF09CI05) Investigar os principais mecanismos envolvidos na transmissão e recepção de imagem e som que revolucionaram os sistemas de comunicação humana.

(EF09CI06) Classificar as radiações eletromagnéticas por suas frequências, fontes e aplicações, discutindo e avaliando as implicações de seu uso em controle remoto, telefone celular, raio X, forno de micro-ondas, fotocélulas etc.

(EF09CI07) Discutir o papel do avanço tecnológico na aplicação das radiações na medicina diagnóstica (raio X, ultrassom, ressonância nuclear magnética) e no tratamento de doenças (radioterapia, cirurgia ótica a *laser*, infravermelho, ultravioleta etc.).

(EF09CI08) Associar os gametas à transmissão das características hereditárias, estabelecendo relações entre ancestrais e descendentes.

(EF09CI09) Discutir as ideias de Mendel sobre hereditariedade (fatores hereditários, segregação, gametas, fecundação), considerando-as para resolver problemas envolvendo a transmissão de características hereditárias em diferentes organismos.

(EF09CI10) Comparar as ideias evolucionistas de Lamarck e Darwin apresentadas em textos científicos e históricos, identificando semelhanças e diferenças entre essas ideias e sua importância para explicar a diversidade biológica.

(EF09CI11) Discutir a evolução e a diversidade das espécies com base na atuação da seleção natural sobre as variantes de uma mesma espécie, resultantes de processo reprodutivo.

(EF09CI12) Justificar a importância das unidades de conservação para a preservação da biodiversidade e do patrimônio nacional, considerando os diferentes tipos de unidades (parques, reservas e florestas nacionais), as populações humanas e as atividades a eles relacionados.

(EF09CI13) Propor iniciativas individuais e coletivas para a solução de problemas ambientais da cidade ou da comunidade, com base na análise de ações de consumo consciente e de sustentabilidade bem-sucedidas.

(EF09CI14) Descrever a composição e a estrutura do Sistema Solar (Sol, planetas rochosos, planetas gigantes gasosos e corpos menores), assim como a localização do Sistema Solar na nossa Galáxia (a Via Láctea) e dela no Universo (apenas uma galáxia dentre bilhões).

(EF09CI15) Relacionar diferentes leituras do céu e explicações sobre a origem da Terra, do Sol ou do Sistema Solar às necessidades de distintas culturas (agricultura, caça, mito, orientação espacial e temporal etc.).

(EF09CI16) Selecionar argumentos sobre a viabilidade da sobrevivência humana fora da Terra, com base nas condições necessárias à vida, nas características dos planetas e nas distâncias e nos tempos envolvidos em viagens interplanetárias e interestelares.

(EF09CI17) Analisar o ciclo evolutivo do Sol (nascimento, vida e morte) baseado no conhecimento das etapas de evolução de estrelas de diferentes dimensões e os efeitos desse processo no nosso planeta.

Reprodução do Livro do Estudante em tamanho reduzido.

Referências bibliográficas comentadas

A seguir, apresentamos os principais artigos e obras consultados para a elaboração deste livro.

ATKINS, Peter; JONES, Loretta; LAVERMAN, Leroy. *Princípios de Química*: questionando a vida moderna e o meio ambiente. 7. ed. São Paulo: Grupo A, 2018.

Obra consagrada sobre fundamentos de Química geral. Apresenta de forma clara e concisa os principais conceitos básicos das diferentes áreas da Química.

BORGES-OSÓRIO, Maria R.; ROBINSON, Wanyce M. *Genética humana*. 3. ed. Porto Alegre: Artmed, 2013.

Livro que detalha a genética humana, desde os elementos clássicos até o Projeto Genoma Humano e as teorias evolutivas.

BRAATHEN, Per C.; RUBINGER, Mayura M. M. *Ação e reação*: ideias para aulas especiais de Química. Belo Horizonte: RJH, 2012.

Livro de experimentos para a Educação Básica que envolve assuntos de diferentes subáreas da Química.

BRASIL. Ministério da Educação. Secretaria de Educação Básica. *Base Nacional Comum Curricular*. Brasília, DF: MEC: SEB, 2018. Disponível em: http://basenacionalcomum.mec.gov.br/images/BNCC_EI_EF_110518_versaofinal_site.pdf. Acesso em: 6 abr. 2022.

A Base Nacional Comum Curricular é o documento oficial que organiza, descreve e estabelece diretrizes, competências e habilidades para toda a Educação Básica do Brasil.

DARWIN, Charles. *A origem das espécies*. Tradução: Carlos Duarte e Anna Duarte. São Paulo: Martin Claret, 2014.

Obra clássica de Charles Darwin. Nela, é possível acompanhar as conclusões a que Darwin chegou e os exemplos usados por ele para explicar a teoria da evolução.

GALANTE, Douglas *et al.* (org.). *Astrobiologia*: uma ciência emergente. São Paulo: Livraria da Física, 2019.

Com a contribuição de vários pesquisadores e professores universitários, a obra apresenta um panorama dos conceitos, paradigmas e investigações da Astrobiologia como campo de estudo interdisciplinar.

HALLIDAY, David *et al. Fundamentos de Física*. Tradução: Ronaldo Sérgio de Biasi. 9. ed. Rio de Janeiro: LTC, 2014.

Coleção de livros didáticos que apresenta definições, propriedades e valores de referência para constantes físicas.

HEWITT, Paul. *Física conceitual*. Tradução: Trieste Freire Ricci. 11. ed. Porto Alegre: Bookman, 2011.

Material que propõe um ensino de Física mais conceitual e reflexivo, com pouca matematização e muitos exemplos e contextualizações.

MATSUURA, Oscar T. (org.). *História da Astronomia no Brasil*. Recife: Companhia Editora de Pernambuco, 2014.

Iniciativa do Museu de Astronomia e Ciências Afins (Mast), com capítulos dos principais pesquisadores em Astronomia do Brasil, trazendo contribuições da história da Astronomia e da astronomia promovida por povos tradicionais do Brasil.

OLIVEIRA FILHO, Kepler de S.; SARAIVA, Maria de Fátima O. *Astronomia e Astrofísica*. 4. ed. São Paulo: Livraria da Física, 2017.

Material de ensino de Astronomia em nível introdutório e intermediário, mas pouco matematizado. Obra construída com base nos cursos de Astronomia e Astrofísica ministrado pelos professores da Universidade Federal do Rio Grande do Sul.

REECE, Jane B. *et al. Biologia de Campbell*. Tradução: Anne D. Villela *et al*. 10. ed. Porto Alegre: Artmed, 2015.

O livro aborda de forma ampla a Biologia em uma linha comparada entre os seres vivos, tendo como fio condutor os processos evolutivos. Com inúmeros esquemas associados ao texto, apresenta uma linguagem que pode contribuir muito para a aprendizagem.

SADAVA, David *et al*. *Vida*: a ciência da Biologia. Tradução: Carla Denise Bonan *et al*. 8. ed. Porto Alegre: Artmed, 2009. v. 2.

O livro aborda de forma ampla a Biologia. No segundo volume, apresenta os conceitos de forma mais específica, com a evolução biológica e a diversidade dos seres vivos.

VANIN, José A. *Alquimistas e químicos*: o passado, o presente e o futuro. 2. ed. São Paulo: Moderna, 2007. (Coleção Polêmica.)

O autor aborda os principais acontecimentos históricos e as curiosidades que acompanharam a transição da alquimia para a Química. Recebeu o prêmio Jabuti de melhor ensaio, em 1994.

Reprodução do Livro do Estudante em tamanho reduzido.

◀ 288 ▶

HINO NACIONAL

Letra: Joaquim Osório Duque Estrada

Ouviram do Ipiranga as margens plácidas
De um povo heroico o brado retumbante,
E o sol da liberdade, em raios fúlgidos,
Brilhou no céu da Pátria nesse instante.

Se o penhor dessa igualdade
Conseguimos conquistar com braço forte,
Em teu seio, ó liberdade,
Desafia o nosso peito a própria morte!

Ó Pátria amada,
Idolatrada,
Salve! Salve!

Brasil, um sonho intenso, um raio vívido
De amor e de esperança à terra desce,
Se em teu formoso céu, risonho e límpido,
A imagem do Cruzeiro resplandece.

Gigante pela própria natureza,
És belo, és forte, impávido colosso,
E o teu futuro espelha essa grandeza.

Terra adorada,
Entre outras mil,
És tu, Brasil,
Ó Pátria amada!

Dos filhos deste solo és mãe gentil,
Pátria amada,
Brasil!

Música: Francisco Manuel da Silva

Deitado eternamente em berço esplêndido,
Ao som do mar e à luz do céu profundo,
Fulguras, ó Brasil, florão da América,
Iluminado ao sol do Novo Mundo!

Do que a terra mais garrida
Teus risonhos, lindos campos têm mais flores;
"Nossos bosques têm mais vida",
"Nossa vida" no teu seio "mais amores".

Ó Pátria amada,
Idolatrada,
Salve! Salve!

Brasil, de amor eterno seja símbolo
O lábaro que ostentas estrelado,
E diga o verde-louro desta flâmula
- Paz no futuro e glória no passado.

Mas, se ergues da justiça a clava forte,
Verás que um filho teu não foge à luta,
Nem teme, quem te adora, a própria morte.

Terra adorada,
Entre outras mil,
És tu, Brasil,
Ó Pátria amada!

Dos filhos deste solo és mãe gentil,
Pátria amada,
Brasil!

Concurso de poesias
Brasil 200 anos de independência
Lendo nossa história, escrevendo nosso futuro

Nas Trilhas da Liberdade

Através das lentes da história,
observamos memórias de nossos 200 anos trilhados.
Caminhos de muita luta e resistência,
Por seu povo heroico serão sempre lembrados.

Pelas curvas da estrada, nas escalas da jornada,
Ecoaram no Ipiranga, valentes gritos de liberdade,
Pedindo, com espadas em punho, a soberania almejada.
Após grande feito, o Brasil foi então buscar sua unidade.

Minorias de antigamente, sufocadas e escravizadas,
Hoje soltam suas vozes em tom de alteridade.
Já não podem mais ser silenciadas.
Neste caldeirão de culturas, borbulha a diversidade.

Levanta a tua caneta, ó jovem brasileiro,
Que a liberdade de expressão te torne um estudante gentil,
Saibas que este país também é teu por inteiro.
Vá buscar o teu futuro, na pátria amada, Brasil!

Gabriele M. C. dos Santos
Vencedora Região Sul
EEB São João Batista - Capivari de Baixo/SC

Este livro didático é um **bem reutilizável** da escola e deve ser **devolvido em bom estado** ao final do ano para uso de outra pessoa no **próximo** período letivo.

ISBN: 978-65-5763-264-2
9 786557 632642
0033P24030009MP