

VARIANTES DO

MEIO AMBIENTE!

Atuação, interdisciplinaridade e Sustentabilidade

2

ROGER GOULART MELLO
PATRÍCIA GONÇALVES DE FREITAS
ORGANIZADORES



2021

VARIANTES DO

MEIO AMBIENTE

Atuação, interdisciplinaridade e Sustentabilidade

2

ROGER GOULART MELLO
PATRÍCIA GONÇALVES DE FREITAS
ORGANIZADORES



2021

2021 by Editora e-Publicar
Copyright © Editora e-Publicar
Copyright do Texto © 2021 Os autores
Copyright da Edição © 2021 Editora e-Publicar
Direitos para esta edição cedidos à
Editora e-Publicar pelos autores

Editora Chefe
Patrícia Gonçalves de Freitas
Editor
Roger Goulart Mello
Diagramação
Roger Goulart Mello
Projeto Gráfico e Edição de Arte
Patrícia Gonçalves de Freitas
Revisão
Os autores

VARIANTES DO MEIO AMBIENTE: ATUAÇÃO, INTERDISCIPLINARIDADE E SUSTENTABILIDADE, VOL. 2

Todo o conteúdo dos capítulos, dados, informações e correções são de responsabilidade exclusiva dos autores. O download e compartilhamento da obra são permitidos desde que os créditos sejam devidamente atribuídos aos autores. É vedada a realização de alterações na obra, assim como sua utilização para fins comerciais.

A Editora e-Publicar não se responsabiliza por eventuais mudanças ocorridas nos endereços convencionais ou eletrônicos citados nesta obra.

Conselho Editorial

Alessandra Dale Giacomini Terra – Universidade Federal Fluminense
Andréa Cristina Marques de Araújo – Universidade Fernando Pessoa
Andrelize Schabo Ferreira de Assis – Universidade Federal de Rondônia
Bianca Gabriely Ferreira Silva – Universidade Federal de Pernambuco
Cristiana Barcelos da Silva – Universidade Estadual do Norte Fluminense Darcy Ribeiro
Cristiane Elisa Ribas Batista – Universidade Federal de Santa Catarina
Daniel Ordane da Costa Vale – Pontifícia Universidade Católica de Minas Gerais
Danyelle Andrade Mota – Universidade Tiradentes
Dayanne Tomaz Casimiro da Silva - Universidade Federal de Pernambuco
Diogo Luiz Lima Augusto – Pontifícia Universidade Católica do Rio de Janeiro
Elis Regina Barbosa Angelo – Pontifícia Universidade Católica de São Paulo
Ernane Rosa Martins - Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Goiás
Ezequiel Martins Ferreira – Universidade Federal de Goiás
Fábio Pereira Cerdera – Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro
Francisco Oricelio da Silva Brindeiro – Universidade Estadual do Ceará
Glaucio Martins da Silva Bandeira – Universidade Federal Fluminense
Helio Fernando Lobo Nogueira da Gama - Universidade Estadual De Santa Cruz
Inaldo Kley do Nascimento Moraes – Universidade CEUMA
João Paulo Hergesel - Pontifícia Universidade Católica de Campinas
Jose Henrique de Lacerda Furtado – Instituto Federal do Rio de Janeiro
Jordany Gomes da Silva – Universidade Federal de Pernambuco



2021

Jucilene Oliveira de Sousa – Universidade Estadual de Campinas
Luana Lima Guimarães – Universidade Federal do Ceará
Luma Mirely de Souza Brandão – Universidade Tiradentes
Mateus Dias Antunes – Universidade de São Paulo
Milson dos Santos Barbosa – Universidade Tiradentes
Naiola Paiva de Miranda - Universidade Federal do Ceará
Rafael Leal da Silva – Universidade Federal do Rio Grande do Norte
Rita Rodrigues de Souza - Universidade Estadual Paulista
Willian Douglas Guilherme - Universidade Federal do Tocantins

**Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP)
(eDOC BRASIL, Belo Horizonte/MG)**

V299 Variantes do meio ambiente [livro eletrônico] : atuação,
interdisciplinaridade e sustentabilidade: volume 2 /
Organizadores Roger Goulart Mello, Patrícia Gonçalves de
Freitas. – Rio de Janeiro, RJ: e-Publicar, 2021.

Formato: PDF
Requisitos de sistema: Adobe Acrobat Reader
Modo de acesso: World Wide Web
ISBN 978-65-89950-09-7

1. Meio ambiente – Conservação. 2. Sustentabilidade. I. Mello,
Roger Goulart, 1992-. II. Freitas, Patrícia Gonçalves de, 1992-.
CDD 363.7

Elaborado por Maurício Amormino Júnior – CRB6/2422

Editora e-Publicar
Rio de Janeiro – RJ – Brasil
contato@editorapublicar.com.br
www.editorapublicar.com.br



2021

Apresentação

É com grande satisfação que a **Editora e-Publicar** vem apresentar a obra intitulada “**Variantes do meio ambiente: atuação, interdisciplinaridade e sustentabilidade, Volume 2**”. Neste livro, engajados pesquisadores contribuíram com suas pesquisas. A obra é composta por 33 capítulos que abordam múltiplos temas.

Desejamos a todos uma excelente leitura!

Editora e-Publicar

Roger Goulart Mello

Patrícia Gonçalves de Freitas

Sumário

CAPÍTULO 1	14
NANOBOLHAS: PROPRIEDADES, GERAÇÃO E APLICAÇÕES AMBIENTAIS	14

Adriana Correia de Velosa

CAPÍTULO 2	32
ESTUDO SOBRE INOVAÇÕES RELACIONADAS AO CUMBARU NO PANTANAL SUL	32

Valdomiro Nunes de Oliveira Júnior
Daniela Althoff Philippi

CAPÍTULO 3	52
TRATAMENTO DE EFLUENTES: ESTUDO QUALITATIVO DE LODO ATIVADO	52

Clebes Iolanda Leodice Alves
Leonice Aparecida de Fátima Alves Pereira Mourad

CAPÍTULO 4	62
APLICAÇÃO DA ANÁLISE ENVOLTÓRIA DE DADOS PARA ANALISAR A EFICIÊNCIA DO SETOR DE ENERGIA EÓLICA DOS ESTADOS PRODUTORES ENTRE OS ANOS DE 2015 A 2019	62

Marcus Vinícius Sousa Rodrigues
Marisete Dantas de Aquino Antônio
Clécio Fontelles Thomaz

CAPÍTULO 5	80
BREVES APONTAMENTOS ACERCA DO PROGRAMA CISTERNAS	80

Maria Elanny Damasceno Silva

CAPÍTULO 6.....	89
APLICAÇÃO DE PROTOCOLO DE AVALIAÇÃO RÁPIDA (PAR) PARA CARACTERIZAÇÃO DA QUALIDADE AMBIENTAL DO RIO PARNAÍBA, MARANHÃO/PIAUI.....	89

Matheus da Silva Oliveira
Rafaela Kelly de Sousa Sá
Tiago Sandes Costa
Fernanda Custódio Cavalcante

CAPÍTULO 7.....	101
MINIMIZAÇÃO DA VAZÃO DE AERAÇÃO EM UM SISTEMA DE LODOS ATIVADOS.....	101

Maurício Carvalho Matheus

CAPÍTULO 8.....	117
REAPROVEITAMENTO DE CABOS METÁLICOS DE LINHAS TELEFÔNICAS	117

Weverton Carlos Matos de Andrade
Cristina de Fátima Mattos Antunes
Milton Gonçalves da Silva Junior
Fernando Ernesto Ucker

CAPÍTULO 9.....	132
ELABORAÇÃO E IMPLEMENTAÇÃO DE UM PLANO DE RECUPERAÇÃO DE ÁREAS DEGRADADAS – PRAD NA FAZENDA SOUZINHA, BONFINÓPOLIS-GO	132

Yuri de Sousa Oliveira
Fernando Ernesto Ucker
Milton Gonçalves da Silva Junior
Cristina de Fátima Mattos Antunes

CAPÍTULO 10.....	154
ANÁLISE REVISIONAL DOS PRESSUPOSTOS CONCEITUAIS DA SUSTENTABILIDADE: COMO AS EMPRESAS EVOLUEM ECONOMICAMENTE ATRELADAS À SUSTENTABILIDADE.....	154

Hommel Pinheiro Lima
Niciane Costa Bezerra
Piedley Macedo Saraiva

CAPÍTULO 11	169
A GESTÃO AMBIENTAL NAS ORGANIZAÇÕES: O QUE O CONSUMIDOR CONSCIENTE ESPERA DAS EMPRESAS?	169

Hommel Pinheiro Lima
Niciane Costa Bezerra
Piedley Macedo Saraiva

CAPÍTULO 12	186
PRODUÇÃO AGRÍCOLA OU PECUÁRIA É SUSTENTÁVEL PARA O PEQUENO PRODUTOR? UM ESTUDO DE CASO	186

Renato Alves de Oliveira
Suelen Isabel da Silva

CAPÍTULO 13	207
O BIPOLO JUAZEIRO-PETROLINA, NO SEMIÁRIDO NORDESTINO: UM CASO DE PREOCUPAÇÃO SOCIOAMBIENTAL PARA ESTE SÉCULO	207

Roberto Remígio Florêncio

CAPÍTULO 14	217
PROPOSTA DE IMPLEMENTAÇÃO DA COLETA SELETIVA DE LIXO NA CIDADE DE SANTA INÊS, MARANHÃO, BRASIL	217

Tiago Ivan Matos Ribeiro

CAPÍTULO 15	225
CELULOSE BACTERIANA: UMA ALTERNATIVA SUSTENTÁVEL PARA SUBSTITUIR A CELULOSE VEGETAL ¹	225

Viviane Fonseca Caetano
Karina Carvalho de Souza
Glória Maria Vinhas

CAPÍTULO 16	233
ESTIMATIVAS DE CHUVAS INTENSAS DE LONGA DURAÇÃO PARA BRAÇO DO NORTE	233

DOI: 10.47402/ed.ep.c202142916097

Álvaro José Back

CAPÍTULO 17	249
DARWINISMO SOCIAL: CONGONHAS - A MALDIÇÕES DA MINERAÇÃO PERIRURBANA	249

DOI: 10.47402/ed.ep.c202146717097

Almir Aparecido Malta Ferreira

CAPÍTULO 18	270
DETERMINAÇÃO DOS PARÂMETROS FÍSICO-QUÍMICOS DA ÁGUA DO ESTUÁRIO DO RIO COCÓ (FORTALEZA-CE) NO PÓS-PERÍODO CHUVOSO DE 2019	270

DOI: 10.47402/ed.ep.c202159518097

Ana Lúcia Eufrázio Romão
Aristides Pavani Filho
Flávia Oliveira Monteiro da Silva Abreu
Carlucio Roberto Alves

CAPÍTULO 19	286
CINÉTICA DE SECAGEM DO JILÓ EM FORNO MICRO-ONDAS	286

DOI: 10.47402/ed.ep.c202158919097

Jéssica Raiane Barbosa da Silva
Danilo Lima Dantas
Ana Paula Moisés de Sousa
Antonio Daniel Buriti de Macedo
Aline Priscila de França Silva
Marisa de Oliveira Apolinário
Renato Alexandre Costa de Santana
Ana Regina Nascimento Campos

CAPÍTULO 20	299
ENRIQUECIMENTO PROTEICO DO EIXO CENTRAL DE JACA POR FERMENTAÇÃO SEMISSÓLIDA UTILIZANDO <i>SACCHAROMYCES CEREVISAE</i> ..	299

DOI: 10.47402/ed.ep.c202159020097

Ana Paula Moisés de Sousa
Danilo Lima Dantas
Antonio Daniel Buriti de Macedo
Jaciera Dantas Costa
Jéssica Raiane Barbosa da Silva
Josivanda Palmeira Gomes
Renato Alexandre Costa de Santana
Ana Regina Nascimento Campos

CAPÍTULO 21	316
MAPEAMENTO DA IMPORTÂNCIA DA <i>MORINGA OLEIFERA</i> LAM. NO CENÁRIO ALIMENTÍCIO MUNDIAL FUNDAMENTADA EM BASE DE DADOS DE PATENTES	316

DOI: 10.47402/ed.ep.c202159121097

Danilo Lima Dantas
Jéssica Raiane Barbosa da Silva
Ana Paula Moisés de Sousa
Antonio Daniel Buriti de Macedo
Marisa de Oliveira Apolinário
Renato Alexandre Costa de Santana
Juliano Carlo Rufino de Freitas
Ana Regina Nascimento Campos

CAPÍTULO 22	328
AGRICULTURA ORGÂNICA E FAMILIAR: CONCEPÇÕES, POLÍTICAS E ASPECTOS LEGAIS	328

DOI: 10.47402/ed.ep.c202154522097

Antônio Soares Junior da Silva
Demóstenes Dantas Vieira
Sofia Bonfim Alves Palhares
Maria Clara Coutinho Macedo
Samuel Hübner

CAPÍTULO 23	340
PLANTIO DE SEMENTES E MUDAS DE ESPÉCIES NATIVAS E EXÓTICAS PARA A RECOMPOSIÇÃO DA VEGETAÇÃO DA CAATINGA: UM RELATO DE EXPERIÊNCIA	340

DOI: 10.47402/ed.ep.c202151323097

Cláudia Carvalho Velozo dos Santos
Weslei Viana Alves
Cláudio Roberto Meira de Oliveira
Lara Amorim Helfenstein

CAPÍTULO 24	352
A GENÉTICA DA CONSERVAÇÃO COMO FERRAMENTA NA DELIMITAÇÃO DE <i>HOTSPOTS</i> DE BIODIVERSIDADE	352

DOI: 10.47402/ed.ep.c202152624097

Daiana Kaster Garcez
Tainã Figueiredo Cardoso
Estela Fernandes e Silva
Karine Laste Macagnan
Louise Vargas Ribeiro
Eduarda Medran Rangel

CAPÍTULO 25 368

INTRODUÇÃO À TEORIA E ABORDAGEM SISTÊMICA: CONTEXTUALIZAÇÃO E FUNDAMENTOS PARA A GEOGRAFIA 368

DOI: 10.47402/ed.ep.c202149525097

Pedro Henrique Torres Marinho
Gilcileide Rodrigues da Silva

CAPÍTULO 26 387

PRODUÇÃO E CARACTERIZAÇÃO DOS FILMES BIODEGRADÁVEIS À BASE DE AMIDO DE MANDIOCA: INFLUÊNCIA DA TEMPERATURA DE SECAGEM..... 387

DOI: 10.47402/ed.ep.c202153726097

Lara Saldanha Neves Horta Lima
Marcos Antônio de Menezes Silva Júnior
Andréa Oliveira Nunes
Fábio Gonçalves Macêdo de Medeiros
Delane da Costa Rodrigues
Maria do Socorro Rocha Bastos
Kátia Nicolau Matsui

CAPÍTULO 27 406

A MINHOCA COMO BIOINDICADOR AMBIENTAL 406

DOI: 10.47402/ed.ep.c202154027097

Louise Vargas Ribeiro
Daiana Kaster Garcez
Eduarda Medran Rangel
Estela Fernandes e Silva
Karine Laste Macagnan
Tainã Figueiredo Cardoso

CAPÍTULO 28 420

EXTRAÇÃO E CARACTERIZAÇÃO DO LÁTEX DA PLANTA AVELÓS (*Euphorbia Tirucalli*) 420

DOI: 10.47402/ed.ep.c202144728097

Marcelo Paulo Stracke
Bruna Teresinha KlassenTusset

CAPÍTULO 29 449

ESTRATÉGIAS INOVADORAS PARA O ENSINO DO MEIO-AMBIENTE..... 449

DOI: 10.47402/ed.ep.c202149829097

Pedro Ramos de Azevedo
Maria José de Oliveira Campos

CAPÍTULO 30467
CIDADES E COMUNIDADES SUSTENTÁVEIS: COMO A CONTROLADORIA SOCIOAMBIENTAL PODE CONTRIBUIR PARA OS OBJETIVOS DO DESENVOLVIMENTO SUSTENTÁVEL ATÉ 2030467

DOI: 10.47402/ed.ep.c202157230097

Stephane Louise Boca Santa
Rodolfo Santa Maria de Souza e Silva
Samara da Silva Neiva
José Baltazar Salgueirinho Osório de Andrade Guerra

CAPÍTULO 31484
AVALIAÇÃO DE SUSTENTABILIDADE AMBIENTAL: ESTUDO EM EDIFICAÇÕES DE UMA INSTITUIÇÃO DE ENSINO SUPERIOR CATARINENSE484

DOI: 10.47402/ed.ep.c202157331097

Paula Antônia da Silva
Stephane Louise Boca Santa
Fabrícia Silva da Rosa

CAPÍTULO 32501
DIAGNÓSTICO AMBIENTAL NO SERVIÇO DE ALIMENTAÇÃO DE UM HOSPITAL UNIVERSITÁRIO: ESTUDO DE CASO501

DOI: 10.47402/ed.ep.c202144932097

Daiane Kraemer Lanferdini
Larissa Mont'Alverne Jucá Seabra
Ana Beatriz Almeida de Oliveira
Virgílio José Strasburg

CAPÍTULO 33514
ANÁLISE ESPACIAL DOS ASPECTOS DO SANEAMENTO DE AGLOMERADOS SUBNORMAIS DA SUB-BACIA DO CANAL DO CUNHA.....514

Thiago Corrêa de Almeida
Adriana Sotero-Martins
Rejany Ferreira dos Santos
Maria José Salles



CAPÍTULO 1

NANOBOLHAS: PROPRIEDADES, GERAÇÃO E APLICAÇÕES AMBIENTAIS

Adriana Correia de Velosa, Doutora em Química, Pesquisadora, Carnegie Mellon University

RESUMO

Nanobolhas são bolhas de gás de tamanho menor que 100 nm que se encontram dispersas em um fluido ou em contato com superfícies sólidas. Sua estabilidade e tempo de vida dependem de diversas condições físico-químicas do fluido envolvido, como a presença de sais ou pH do meio. As nanobolhas foram observadas experimentalmente em 2000 e desde então têm sido estudadas e aplicadas com diversas finalidades ambientais como remediação de água subterrânea contaminada, na degradação de contaminantes ou flotação dos mesmos durante o tratamento de efluentes. Neste capítulo uma breve introdução sobre suas propriedades físico-químicas, formas de obtenção e aplicações ambientais serão abordadas.

PALAVRAS-CHAVE: nanobolhas, cavitação, degradação, remediação ambiental

INTRODUÇÃO

Bolhas são cavidades cheias de gás dentro de líquidos e sólidos. Em líquidos, as bolhas têm pressões de equilíbrio internas pelo menos iguais as do ambiente externo. Cada bolha é cercada por uma interface que possui propriedades diferentes da solução em massa. Elas podem ser produzidas por diferentes métodos e têm sido utilizadas para solubilização de lamas, purificação de água, tratamento de águas residuais, administração de fármacos e como agente de contraste, juntamente com ultrasons. (Chaplin, 2018)

A existência de nanobolhas (NB) foi observada experimentalmente por Lou et al. (2000) em superfícies atômicas lisas usando-se Microscopia de Força Atômica (AFM). Nas imagens de AFM as nanobolhas apareceram como esferas brilhantes e permaneceram estáveis por horas.

As nanobolhas apresentam-se basicamente sob três formas diferentes (Figura 1):

1. Nanobolhas de superfície, formadas na interface sólido-líquido como “calotas” esféricas, e com raios de curvatura entre 100-1000 nm;

2. Nanopanquecas, como estruturas quase-bidimensionais em uma interface sólido-líquido, com largura de centenas de nanômetros, mas altura inferior a 2 nm;
3. NBs dispersas (*bulk*), no seio de soluções aquosas, com forma praticamente esférica e raios de curvatura entre 50-100 nm, e afetadas pelo movimento Browniano (Etchepare, 2016).

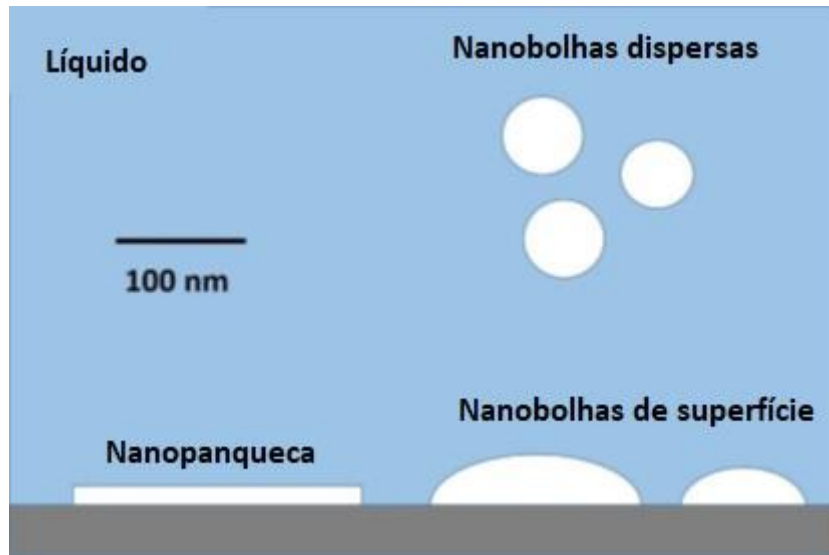


Figura 1 - Esquema dos três tipos de ocorrência de NBs (Adaptado de Seddon *et al.*, 2012)

Microbolhas (MBs) e nanobolhas são pequenas bolhas com um diâmetro respectivo de 10 – 50 μm e < 200 nm e têm sido exploradas para várias aplicações. Elas apresentam características que as fazem especiais em relação às bolhas ordinárias, ou macro bolhas, devido ao seu reduzido diâmetro. Algumas das vantagens das micro e nano bolhas são sua elevada área superficial (área de superfície em relação ao volume) e a grande estagnação em fase líquida, a qual aumenta a dissolução dos gases. Além disso, tem-se relatado que quando as micro bolhas colapsam ocorre a geração de radicais livres devido à alta densidade de íons na interface gás-líquido, imediatamente antes do colapso.

A Figura 2 mostra as principais diferenças entre macrobolhas, MBs e NBs. A formação de macro e microbolhas é governada pela Equação de Young-Laplace. Macrobolhas sobem à superfície rapidamente e explodem, enquanto as microbolhas sobem a uma taxa menor; por causa desse tempo extra a transferência de gás da microbolha para o líquido é maior. Com a perda substancial de massa gasosa, as microbolhas encolhem e desaparecem depois de algumas horas. Enquanto isso, as NBs permanecem longos períodos de tempo em água e não explodem de uma só vez como as micro. NBs têm menor flutuabilidade, portanto elas não têm propensão a subir em solução (bolhas menores que 5 μm de diâmetro não sobem). (Takahashi, 2009)

MB e NB têm propriedades de inchamento e encolhimento diferentes das macrobolhas. O diâmetro crítico que diferencia entre o inchamento e o encolhimento de uma bolha é relatado como sendo entre 50 e 65 μm . Bolhas maiores que este valor tendem a inchar, enquanto bolhas menores tendem a encolher.

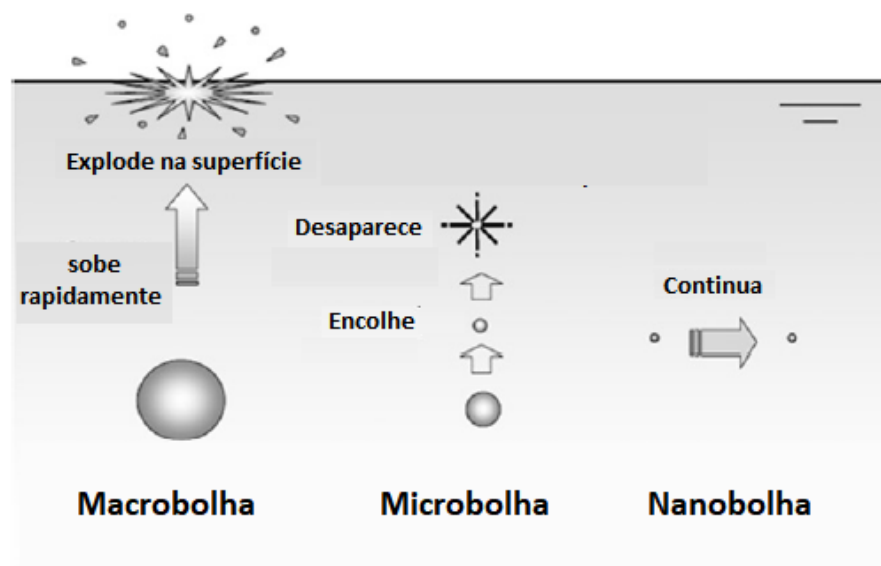


Figura 2 – Comportamento em água de macro, micro e nanobolhas (adapado de Agarwal, 2011).

Conforme relatado em literatura, a interface das NBs consiste em ligações de hidrogênio mais fortes, semelhantes às encontradas em hidratos de gelo e gás, o que, por sua vez, diminui a difusividade das NBs e ajuda a manter uma cinética de equilíbrio adequada das NBs contra sua alta pressão interna (Agarwal, 2011).

DA ESTABILIDADE DAS NANOBOLHAS DISPERSAS


De acordo com a teoria da termodinâmica clássica, nanobolhas não podem existir ou ser termodinamicamente estáveis. O cálculo teórico baseado na equação de Young-Laplace (Eq. 1) prediz que a nanobolha não existe devido à limitação no seu raio de curvatura.

$$P = P_l + 4\sigma / d_b \quad (\text{Equação 1})$$

Onde:

- P é a pressão do gás, P_l é a pressão do líquido, σ é a tensão superficial do líquido e d_b é o diâmetro da bolha.

Em nano escala, devido ao pequeníssimo raio de curvatura, a pressão interna seria substancialmente maior do que a pressão externa, o que levaria à dissolução da bolha imediatamente (explosão). Por exemplo, uma nanobolha de raio 100 nm (tensão superficial água/ar = 72 mN/ m e pressão atmosférica na água circundante = 105 N m⁻²) apresentaria uma



pressão interna de 1,5 MPa (Agarwal, 2011). Nesta condição de pressão as NBs colapsariam em um curtíssimo espaço de tempo. Ljunggren e Eriksson (1997) calcularam a transferência de massa entre o gás da bolha e o líquido circundante e, considerando a Eq. (1), concluíram que o tempo de vida de uma bolha de gás de 100 nm de raio seria de 100 s.

No entanto, a validade da Eq. (1) para nano-bolhas não é um consenso na literatura e a existência de NBs tem sido relatada com tempo de vida de dias. De acordo com Hemmingsen (2002), esta equação não pode ser aplicada considerando-se a tensão superficial do líquido constante, uma vez que a tensão superficial é altamente afetada pela curvatura da interface e pela pressão interna do gás em nanoescala.

Além disso, Tolman (1949) realizou um cálculo que, em teoria, a tensão superficial de gotas deveria diminuir significativamente quando em tamanhos menores. O que significa que, a tensão superficial muda de acordo com a curvatura da interface gás-líquido. Sendo que uma menor tensão superficial na interface da nanobolha resultaria em uma menor pressão interna, contribuindo para a estabilização da bolha.

Ushikubo et al. (2010), estudaram o efeito da composição da bolha (ar ou O₂) e também a concentração de O₂ dissolvido na água na estabilidade de nanobolhas e relataram a presença de NBs de O₂ no meio mesmo após 15 dias de sua produção em água contendo 36,9 mg.L⁻¹ de O₂. Ou seja, a supersaturação de gás na água diminui a taxa de transferência do gás da bolha para o líquido, aumentando sua estabilidade. Contudo, este fator não deve ser o único a explicar a estabilidade das NBs, já que se observou sua existência mesmo próximo ou depois de se atingir o equilíbrio de saturação.

Outra contribuição para a estabilização da NB deve estar relacionada com a carga elétrica na superfície da bolha, uma vez que o mesmo grupo observou que um maior potencial zeta leva à uma maior estabilidade da bolha. O potencial zeta mostrou um valor em torno de – 20 mV para NBs compostas por ar, enquanto que para bolhas contendo O₂ o valor relatado foi em torno de – 40 mV. Como o valor do potencial é negativo isso indica que as bolhas são negativamente carregadas em água e que a repulsão eletrostática ajudaria a explicar a não coalescência das bolhas e sua maior estabilidade e tempo de vida.

Meegoda et al. (2018) estudaram a influência de diversos fatores como pH, composição do gás e a concentração de sal (NaCl) na distribuição do tamanho das NBs formadas e no seu potencial zeta. Os resultados mostraram que o tamanho, assim como o potencial zeta das bolhas, dependem das propriedades do gás, principalmente de sua solubilidade em água. O nitrogênio,



gás menos solúvel, apresentou os menores tamanhos de bolha, enquanto o ozônio, mais solúvel, produziu as maiores bolhas.

Com relação ao potencial zeta, este foi negativo e com a seguinte ordem decrescente de magnitude: ozônio, ar e nitrogênio. Os autores atribuem esses resultados às respectivas taxas de difusão e solubilidade dos gases. O efeito do pH no potencial zeta das NBs foi semelhante ao observado por Takahashi (2005) para MBs, a intensidade negativa do potencial aumentou conforme o aumento do pH do meio. Além disso, bolhas menores foram geradas em soluções mais básicas enquanto que soluções ácidas geraram bolhas maiores e menos estáveis. O potencial zeta diminuiu com o aumento da temperatura, embora o tamanho das bolhas não tenha se alterado. Já o aumento da concentração de NaCl em solução provocou a diminuição da intensidade do potencial zeta, enquanto aumentou o tamanho da bolha gerada.

Esse efeito da influência da concentração de OH⁻ (pH), do aumento da temperatura e da concentração de sais no potencial zeta, está diretamente ligado à carga elétrica desenvolvida na superfície da NB (interface gás-líquido). Dados experimentais mostram que bolhas em água, na ausência de qualquer surfactante, são carregadas negativamente e o mecanismo de carga tem sido atribuído ao excesso de íons OH⁻ na interface, quando comparado à presença de H⁺ (Figura 3) (Takahashi, 2005).

Especula-se que a adsorção de OH⁻ na interface é atribuída à diferença de energia de hidratação do H⁺ e o OH⁻ ou também à orientação dos dipolos da água na superfície, os quais teriam os átomos de hidrogênio apontando para a fase aquosa enquanto o oxigênio apontaria para a fase gasosa, que levaria a atração de ânions à superfície.

Ohgaki et al. (2010), estudaram a físico-química de nanobolhas de N₂ em água e observaram, por espectroscopia RAMAN, que o comprimento da ligação O-H nas moléculas de água é reduzido de 0,295 nm para 0,273 nm em solução contendo nanobolhas. Redes de água com ligações de hidrogênio mais longas possuem um caráter mais “solto”/ “folgado” enquanto redes com ligações mais curtas, frequências de vibração O-H menores, apresentam um caráter mais rígido. Eles propõem que esta interface mais rígida reduziria a difusibilidade do gás a partir da nanobolha e a alta tensão superficial, proveniente da maior rigidez da interface, ajudaria a manter o balanço cinético contra a alta pressão interna da bolha.

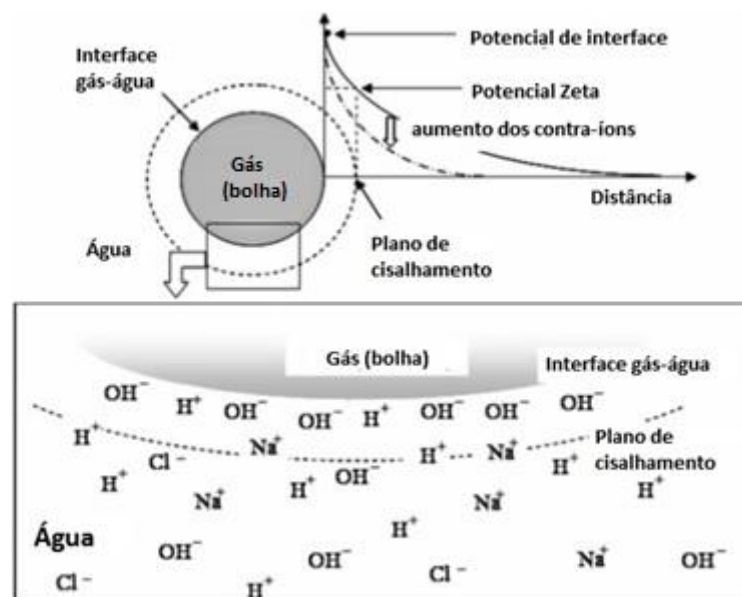



Figura 3 – Distribuição de íons na interface e próximo à interface gás-água em solução aquosa de NaCl. Os íons são atraídos para a interface carregada por H^+ e OH^- , criando uma dupla camada elétrica. O potencial Zeta é o potencial elétrico na camada de cisalhamento, sendo que o valor do potencial é determinado pela quantidade de íons e sua valência neste plano. Adaptado de Takahashi (2005).

Mais recentemente, Eklund e Swenson (2018) questionaram a existência de NBs em água ultra pura ou apenas com íons inorgânicos testando a sua geração por diversos processos como cavitação hidrodinâmica, agitação manual em tubos e pela dissolução de sais, sendo o monitoramento das NBs feito por DLS (espalhamento de luz dinâmico). Após diversos experimentos de evacuação da solução com NBs eles chegaram à conclusão que experimentos feitos em recipientes rigorosamente limpos não geram NBs em água ultra pura, ou seja, eles levantam a hipótese de que em trabalhos anteriormente publicados, as soluções podiam estar minimamente contaminadas por compostos orgânicos hidrofóbicos, que proporcionam uma maior estabilidade das bolhas pela diminuição da tensão superficial, já que não houve uma preocupação rigorosa com a limpeza das vidrarias utilizadas ou na purificação de reagentes e a técnica usada para a caracterização, o DLS, não consegue discernir entre nanobolhas ou nanopartículas provenientes de possíveis impurezas dos sais adicionados. Este questionamento, no entanto, não invalida a existência de nanobolhas em soluções contendo compostos orgânicos.

GERAÇÃO DE NANOBOLHAS DISPERSAS

Nanobolhas são preferencialmente formadas na superfície de partículas hidrofóbicas. A formação de nanobolhas pode ser induzida de várias maneiras possíveis, dependendo de fatores intrínsecos ou externos (Demangeat, 2015). A formação de nanobolhas é muitas vezes obtida



quando uma fase líquida homogênea sofre uma mudança de fase causada pela redução repentina da pressão, abaixo de um valor crítico, o que é conhecido como cavitação.

Ao processo de formação, crescimento e subsequente colapso de cavidades de gás e/ou vapor em um fluido líquido da-se o nome de cavitação. Este processo gera novas interfaces gás/líquido sendo necessário, portanto, ultrapassar uma determinada barreira energética, definindo-se o primeiro estágio como nucleação. Este ganho energético causa uma flutuação local de pressão ou um aumento na velocidade de fluxo, a partir de dispositivos hidráulicos, o que leva a redução da pressão local abaixo da pressão de vapor do líquido (Etchepare, 2016).

De acordo com sua origem, a cavitação pode ser classificada em quatro categorias: cavitação hidrodinâmica (causada pelo fluxo de fluidos), cavitação acústica (causada por um campo acústico), cavitação óptica (gerada pela dissipação local de energia originada por fótons de um laser, por exemplo) e cavitação induzida por partícula (provocada por partículas elementares) (Wu et al, 2012).

NBs são geralmente geradas hidrodinamicamente usando-se os seguintes métodos (Tsuge, 2010):

- Dissolução de gases em líquidos, comprimindo-se os fluxos de gás em líquidos e, em seguida, liberando-se essas misturas através de bicos nanométricos para criar nanobolhas.
- Injeção de gases à baixa pressão em líquidos e quebra do gás em bolhas por focalização, oscilação de fluidos ou vibração mecânica.

NBs também podem ser geradas por meio de reações químicas, como a eletrólise. Neste caso a geração de bolhas é amplamente dependente da força iônica e da temperatura da solução (Wu et al.,2012).

Existem diversos dispositivos hidráulicos (tubos de cavitação) utilizados na cavitação hidrodinâmica, entre eles: discos de orifício, válvulas de agulha, bocais e tubos Venturi. Este último é o dispositivo mais amplamente utilizado. Tubos Venturi apresentam as seguintes vantagens de utilização frente aos demais dispositivos (Etchepare, 2016):

- Menor suscetibilidade ao entupimento (redução e expansão gradual de diâmetro antes e depois da garganta do Venturi, respectivamente) em escala industrial;
- A perda de carga dos outros dispositivos pode ser de 3 a 4 vezes maior do que a do Venturi. Esta baixa perda de carga resulta num baixo impacto na capacidade da bomba em uma planta industrial;



- A capacidade de variação do comprimento da garganta do Venturi permite que a pressão crítica possa ser mantida para propiciar a expansão de núcleos de gás no fluido.

O sistema Venturi é composto por três partes principais, isto é: influxo, túbulo e saída afunilada.

A redução de pressão no tubo de Venturi pode ser conseguida aumentando-se a velocidade do líquido na zona convergente cônica do tubo devido ao seu diâmetro estreito. No sistema gerador do tipo Venturi o gás e o líquido são passados simultaneamente através do tubo de Venturi para gerar a bolha. Quando o fluido pressurizado é introduzido na parte tubular, a velocidade do fluxo líquido na garganta do cilíndrico torna-se maior enquanto a pressão se torna menor em comparação com a seção de entrada, resultando em cavitação (Fan et al., 2010).

Cho et al. (2005) investigaram o comportamento eletrocinético de NBs geradas por ultrasonicação em termos da estabilidade, distribuição de tamanho e potencial zeta das bolhas e observaram a formação de NBs em alguns minutos com tamanho constante e estabilidade por até 1 hora. O tamanho da bolha diminuiu com a adição de sais e aumentou com a adição de agentes tensoativos. A geração das NBs foi obtida via cavitação na água pela intensa energia sônica, seguida da evaporação da água e difusão de surfactantes e também pela cavitação nas micelas.

Vários trabalhos relatam a geração de NBs por Venturi com diferentes tamanhos, de 50 a 545 nm. Kim et al. (2000) geraram nanobolhas com diâmetro médio de 300 a 500 nm por ultrassonografia com eletrodo recoberto por paládio. Oeffinger e Wheatley (2004) geraram nanobolhas com um diâmetro médio de 450-700 nm via ultrassonificação de uma solução mista de surfactante com purga regular usando gás octafluoropropano. Cho et al. (2005) produziram nanobolhas com um diâmetro médio de 750 e 450 nm por ultrassonificação em água pura e com adição de surfactante, respectivamente.

A geração de NBs é um processo físico-químico complexo. Parâmetros como temperatura, concentração de eletrólito, teor de gás dissolvido em solução e tipo e concentração de surfactante e / ou bocal impactam significativamente na geração de bolhas e propriedades das bolhas geradas, tais como a distribuição do tamanho da bolha, potencial zeta e hidrofobicidade. O tipo de gás usado para geração da bolha também é um fator importante no controle da formação e propriedades das bolhas nanométricas. Bolhas de oxigênio são conhecidas por serem mais estáveis do que as bolhas de ar, que por sua vez são mais estáveis que as NBs de CO₂, o que pode ser explicado pelos maiores valores absolutos do potencial zeta

de bolhas de O₂, menor pressão de CO₂ na atmosfera e sua maior solubilidade em água (Wu et al, 2012).

Diferentes trabalhos mostram que as condições de projeto e de operação do sistema interferem no tamanho e distribuição de tamanho das MBs e NBs. Relata-se que o tamanho e a distribuição de tamanho das MBs dependem principalmente das diferenças de pressão através do sistema de bicos. Pressão mais alta produziria bolhas menores, devido a um aumento na densidade do ar, e em pressões acima de aproximadamente 3,5 atm, os tamanhos das MBs seriam praticamente constantes (Temesgen et al., 2017).


No caso das NBs, a pressão, a potência sônica e outras condições de operação, como o comprimento, o diâmetro e o tipo de mangueira, são considerados como os fatores mais importantes relacionados ao tamanho. A Tabela 1 abaixo indica alguns dos resultados sobre a dependência de tamanho dos MBs e NBs de acordo com as condições de operação (Temesgen et al., 2017).

Tabela 1 – Efeito das condições de operação no tamanho e sua distribuição para nano e microbolhas (Temesgen et al., 2017)

Parâmetros avaliados		Faixa de tamanho da bolha	Tamanho médio
Pressão (atm)	2	20 – 130 µm	71 µm
	3	10 – 110 µm	41 µm
	< 3,5	15 – 85 µm	30 µm
Potência sônica (W)	50	-	750 nm
	100	-	935 nm
	150	-	921 nm
	200	-	965 nm
Diâmetro da mangueira (mm)	8	-	2,65 µm
	10	-	3,61 µm
Comprimento da mangueira (m)	10	-	3,19 µm
	50	-	2,61 µm

APLICAÇÕES DE MBS E NBS DISPERSAS NO TRATAMENTO DE ÁGUA - FLOTAÇÃO

A separação sólido-líquido é o primeiro passo em qualquer sistema de tratamento de águas residuais e o processo de flotação é amplamente aceito como o método de separação mais confiável e prático usado para remover suspensões que contêm gorduras, óleos e graxas misturados com sólidos suspensos orgânicos de baixa densidade e colóides. O mecanismo de separação é baseado na adsorção de bolhas de gás (durante a subida) sobre a superfície de




partículas finamente suspensas, o que reduz a gravidade específica efetiva das partículas e faz com que os contaminantes subam até a superfície. Essa técnica é frequentemente usada para separar partículas extremamente finas da solução, as quais não possuem uma taxa de sedimentação significativa.

A flotação por ar dissolvido (FAD) e a flotação dispersa (induzida) por ar (FIA) são os métodos de flotação comercialmente disponíveis. Na FAD, as bolhas são produzidas quando a pressão da água, pré-saturada com ar a pressões superiores à pressão atmosférica, é reduzida; enquanto no FIA, as bolhas são geradas mecanicamente por uma combinação de um agitador mecânico de alta velocidade e um sistema de injeção de ar (Rubio et al., 2002). Electroflotação, flotação de bico, flotação de coluna, flotação centrífuga, flotação a jato e flotação por cavitação a ar são outros métodos de separação comercial disponíveis baseados em flotação (Rubio et al., 2002).

Tsai et al. (2007) investigaram a tecnologia de flotação com nanobolhas (FNB), junto com o processo de coagulação, para o tratamento de águas residuais oriundas de polimento mecânico-químico em reatores de flotação, tanto em laboratório como em escala piloto. Eles observaram que a aplicação de FNB com coagulação aumentou a eficiência de clarificação de águas residuais em 40% quando comparado com o processo convencional de coagulação / floculação. Os autores também sugeriram que os custos operacionais e químicos necessários para o FNB com o processo de coagulação foram muito menores do que aqueles no processo de coagulação convencional.

O método de flotação convencional é eficaz para partículas dentro de um intervalo de tamanho estreito, de 50 a 600 μm para carvão e de 10 a 100 μm para minerais. Além dessa faixa ideal de tamanho, a eficiência de flotação cai significativamente (Fan et al., 2010b). As razões fundamentais para a baixa taxa de flotação além desses limites de tamanho são a alta probabilidade de descolamento da bolha-partícula e a baixa probabilidade de colisão entre as bolhas e as partículas.

Diversos trabalhos têm sido publicados mostrando a maior eficiência do processo de flotação com o uso das NBs. Sobhy e Tao (2013), por exemplo, estudaram o efeito de nanobolhas na recuperação de uma amostra de carvão fino usando uma coluna de flotação especialmente projetada. Os autores relataram que, na presença de nanobolhas, a recuperação do carvão com tamanho $< 150 \mu\text{m}$ aumentou de 5 a 50%, dependendo das condições de



operação do processo. Eles também observaram que as nanobolhas melhoraram a eficiência de separação do processo e reduziram a dosagem de espumante e o consumo de ar no processo.

Em outro estudo, Rahman et al. (2014) avaliaram os efeitos de NBs e MBs na flotação de partículas de calcopirita fina ($< 38 \mu\text{m}$) e ultrafina ($< 14,36 \mu\text{m}$) usando uma célula Denver de flotação. Eles observaram que na presença de nano e microbolhas, a recuperação na flotação de partículas finas e ultrafinas de calcopirita aumentou cerca de 16 a 21%, dependendo das condições de operação.

A eficiência geral da flotação é determinada por três etapas sucessivas importantes, que são a colisão entre bolhas e partículas, a fixação e o desprendimento (Fan et al., 2010). O mecanismo de colisão entre bolhas e partículas envolve a avaliação de forças gravitacionais, forças de inércia e forças de arraste hidrodinâmicas, que fazem com que uma partícula se desvie de sua trajetória, linhas de fluxo de fluido próximas à superfície da bolha, e colida com a bolha.

A probabilidade de colisão entre bolhas e partículas pode ser determinada usando-se o mecanismo de interceptação e uma função de fluxo empírico, que é válida para condições de fluxo intermediárias. Vários modelos e estudos revelaram que a probabilidade de colisão entre bolhas e partículas aumenta com o aumento do tamanho das partículas e a diminuição do tamanho da bolha (Gurung et al. 2016).

Após o término do processo de colisão entre a bolha e a partícula, é necessário algum tempo para o afinamento do filme líquido intermediário entre a partícula e a bolha, a ruptura do filme e o estabelecimento de uma linha de contato trifásica estável.

Geralmente, o fenômeno de ligação (fixação) bolha-partícula é determinado pelas forças hidrodinâmicas e de superfície das partículas e bolhas, portanto, nem todas as partículas que colidem com a superfície da bolha sofrem necessariamente flotação. A probabilidade de ligação bolha-partícula pode ser determinada usando-se a Equação (2):

$$P_a = \sin^2 \left[2 \arctan \exp \left(- \frac{(45 + 8R_e^{0,72}) V_b t_i}{15D_b \left(\frac{D_b}{D_p} + 1 \right)} \right) \right] \quad (\text{Equação 2})$$

Onde P_a é a probabilidade de anexação bolha-partícula, V_b é a velocidade de subida da bolha, D_b é o tamanho das bolhas, D_p é o tamanho das partículas e R_e é o número de Reynolds. A probabilidade de anexação bolha-partícula é modelada principalmente em relação a um tempo de contato e um tempo de indução. O fenômeno de anexação bolha-partícula ocorre

somente quando o tempo de contato bolha-partícula é maior que o tempo de indução (Sutherland, 1948). Para partículas finas e hidrofóbicas, o estabelecimento da linha de contato trifásica é muito curto, pois o tempo de ruptura do filme é da ordem de 10^{-2} s ou menos (Gurung et al, 2016).

Resultados experimentais revelaram que a probabilidade de fixação bolha-partícula diminui com o aumento do tamanho das partículas e aumenta com o aumento da hidrofobicidade. NBs preferencialmente se formam na superfície de partículas hidrofóbicas, desse modo, a geração de nanobolhas na superfície da partícula pode aumentar muito a probabilidade de fixação bolha-partícula.

Nem todas as partículas aderidas às bolhas continuam necessariamente aderidas na flotação. Algumas delas, especialmente partículas mais grossas, se desprendem da superfície da bolha e retornam à fase dispersa (líquido) devido ao fato dos agregados bolha-partícula não serem fortes o suficiente para impedir a separação das partículas da superfície da bolha, que é causada pelo peso das partículas e pela turbulência gerada durante a ascensão dos agregados na polpa (Gurung et al, 2016).

O descolamento bolha-partícula ocorre quando as forças de separação são maiores que as forças de adesão máximas. A determinação do descolamento bolha-partícula envolve a avaliação de diferentes forças como a força capilar (F_p), força de excesso (diferença entre o excesso de pressão na bolha e a força hidrostática) (F_e), peso real da partícula no meio líquido (F_w) e força de arraste hidrodinâmico (F_d). Todas essas forças atuando entre uma bolha e uma partícula conectadas podem ser representadas pelas seguintes equações:

$$F_p = \frac{\pi D_p \gamma (1 - \cos \theta_d)}{2} \quad (\text{Equação 3})$$

$$F_e = \frac{1}{4} \pi D_p^2 (1 - \cos \theta_d) \left(\frac{2\gamma}{D_b} - \frac{\rho_w g D_b}{2} \right) \quad (\text{Equação 4})$$

$$F_w = \frac{1}{6} \pi D_p^3 \rho_p g - \frac{1}{8} \pi D_p^3 \rho_w g \times \left[\frac{2}{3} + \cos \left(\frac{\theta_d}{2} \right) - \left(\frac{1}{3} \right) \cos^3 \left(\frac{\theta_d}{2} \right) \right] \quad (\text{Equação 5})$$

$$F_d = 3\pi D_p \eta u \quad (\text{Equação 6})$$



Onde:

γ é a tensão superficial do líquido; ρ_p e ρ_w são as densidades da partícula e da água, respectivamente; η é a viscosidade dinâmica do fluido; μ é a velocidade de subida das partículas e θ_d é o valor crítico do ângulo de contato trifásico, imediatamente antes do descolamento.

A força capilar (F_p) é a principal força de adesão, enquanto F_w e F_d são as forças de desprendimento (Fan et al., 2010).

As NBs se formam na superfície de partículas hidrofóbicas com maior ângulo de contato (θ_d) e, em última análise, aumentam F_p e F_e , criando condições adequadas para a conexão bolha-partícula. Além disso, a presença de bolhas finas, particularmente nanobolhas e microbolhas, pode reduzir o F_d e diminuir consideravelmente a força de desprendimento. Assim, a aplicação de nanobolhas nas superfícies de uma partícula hidrofóbica mais grossa aumenta as forças de adesão da bolha-partícula, isto é, F_p e F_e , e diminui a força de desprendimento; F_d .

A probabilidade de descolamento bolha-partícula pode ser calculada pela seguinte equação:

$$P_d = \frac{1}{1 + \frac{F_{at}}{F_{de}}} \quad (\text{Equação 7})$$


Onde:

P_d é a probabilidade de existência do agregado bolha-partícula, F_{at} e F_{de} são, respectivamente, a força total de ligação e a força de desprendimento.

- AERAÇÃO

Na restauração de água natural e no tratamento de água, a aeração desempenha um papel importante no suprimento de oxigênio, que é um importante componente de sustentação de vida para sistemas aquáticos e substrato de reação bioquímica no tratamento aeróbico. Alguns estudos têm sido conduzidos sobre o efeito dos processos de aeração no tratamento biológico de água e esgoto, remediação de água subterrânea e agricultura. Os principais objetivos da maioria dos estudos são melhorar a eficiência de aeração para melhorar a degradação da matéria orgânica, a taxa de crescimento microbiano, a germinação de sementes e as taxas de crescimento.

Nestes estudos a principal preocupação é otimizar a eficiência da taxa de transferência de massa, que é um fator limitante. Nos sistemas aeróbicos convencionais, o oxigênio dissolvido é um fator crítico a se considerar na eficiência do processo. Nestes sistemas, a taxa



de transferência de massa de oxigênio é muito importante e a maior parte deles usa aeradores ou difusores mecânicos, o que consome muita energia elétrica e necessita de manutenção mecânica das peças, resultando em altos custos operacionais.

Neste sentido, a aplicação de NBs e MBs tem sido feita de modo a melhorar a taxa de transferência de massa do oxigênio na água.


Weber e Abglevor (2005) investigaram o impacto da aeração por MB na fermentação de *Trichoderma reesei*, que é altamente afetada pela taxa de transferência de massa de oxigênio e observaram que a concentração de oxigênio dissolvido estava acima da concentração crítica em baixas velocidades de agitação. A concentração celular em massa aumentou muito rapidamente durante o estágio de crescimento rápido, com um incremento de produtividade de 0,1 a 0,18 g/ L.h quando comparado com o borbulhamento convencional. Em outro trabalho estudou-se o efeito da aeração por MBs sobre o crescimento de alface (*Lactuca sativa*) e descobriu-se que os pesos fresco e seco da alface aerada pelas MBs foram, respectivamente, 2,1 e 1,7 vezes maiores do que na alface aerada por macro bolhas. A maior produtividade foi atribuída à uma melhor germinação e crescimento resultante da maior área superficial das micro e nanobolhas e à sua capacidade de atrair íons positivos devido às altas cargas elétricas negativas presentes em sua superfície.

Uma outra aplicação de aeração muito importante é na remediação de áreas contaminadas. Dependendo do tipo de contaminante orgânico presente em subsuperfície, sua degradação pode ser alcançada pela atividade biológica local, na chamada biorremediação. Para bactérias aeróbias a concentração de oxigênio dissolvido em água subterrânea é muito importante. Assim sendo, Li et al (2014) compararam a eficiência de macro bolhas e MNBs (mistura de micro e nanobolhas) na dissolução de O₂ em água Milli Q e observaram que a taxa de transferência de massa de oxigênio dissolvido foi cerca de 125 vezes maior, usando-se MNBs, quando comparado com macro bolhas de ar. Além disso, observou-se que as MNBs não alteraram a condutividade hidráulica do meio testado (areia).

- DEGRADAÇÃO DE POLUENTES ORGÂNICOS

Além da aeração que promove a degradação microbiana de poluentes, as nano e microbolhas também podem ser usadas diretamente para a oxidação de contaminantes, como é o caso das bolhas contendo ozônio.

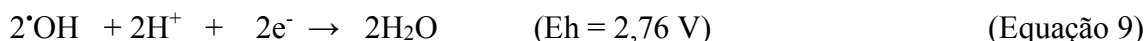
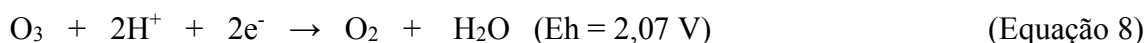
O ozônio é um forte oxidante que degrada contaminantes através de reações na fase gasosa e aquosa. Atua de três maneiras: diretamente na oxidação das ligações insaturadas



carbono-carbono da molécula do contaminante; degradando-se em oxigênio, o qual intensifica a biodegradação natural ou oxidação biológica; ou indiretamente, degradando-se em radicais hidroxila altamente reativos que, por sua vez, oxidam as moléculas orgânicas (USEPA, 2011).

As principais reações envolvidas no processo de ozonização são:

Oxidação



Decomposição




Formação de radical hidroxila



O ozônio reage por oxidação direta dos compostos orgânicos, reação favorecida em meio ácido (Eq. 8). Dois mecanismos comuns de oxidação direta com ozônio incluem a adição cíclica de ozônio a uma ligação de alcenos (uma dupla ligação de carbonos) e o ataque eletrofílico de hidrocarbonetos aromáticos (LANGLAIS et al., 1991).

A molécula de ozônio é eletricamente neutra, mas é polar, o que contribui para a reatividade do ozônio. Como resultado desta estrutura dipolar, a molécula de ozônio pode conduzir entre 1 e 3 ciclo-adições dipolares nas ligações insaturadas, com a formação de ozonídeo primário. Em um solvente prótico como a água, este ozonídeo primário decompõe-se em um composto carbonila (aldeído ou cetona) e um íon dipolar que conduz rapidamente para um hidroxí-hidroperóxido, que por sua vez, decompõe-se em um composto carbonila e peróxido de hidrogênio (LANGLAIS, 1991).

O ozônio pode decompor-se em radicais livres, predominantemente em soluções aquosas neutras e alcalinas. A formação de radicais hidroxilas (Eq. 11) pode ser lenta ou rápida, dependendo do pH do meio. A oxidação indireta pelos radicais hidroxilas está expressa na Eq. 9, sendo a taxa de decomposição do ozônio diretamente proporcional ao pH, ou seja, com o aumento do pH, a taxa de decomposição também aumenta. Os radicais livres conduzem a



reações de propagação que geram uma ampla variedade de espécies de oxigênio reativo, formadas sob diferentes condições, levando à mineralização dos compostos orgânicos.

Embora saiba-se que a geração de radical hidroxila, espécie com maior poder oxidante, no sistema com ozônio ocorra apenas em meios neutros ou básicos, quando se usou microbolhas (12 μm e 50 μm), Takahashi *et al.* (2007) observaram a presença desta espécie em águas com pH tão baixo quanto 1,5 usando a técnica de EPR. Foi observada também a mineralização do álcool polivinílico (PVA) nestas mesmas condições ácidas, o que é totalmente inesperado.

Takahashi *et al.* (2007) especulam que em meio ácido as microbolhas têm seu potencial zeta (negativo) diminuído pela atração dos íons H^+ , em excesso no meio, diminuindo a repulsão entre as bolhas e acelerando o colapso das mesmas. A geração do radical hidroxila se daria então no momento do colapso da bolha, assim como preconizado para microbolhas de ar.

Khuntia *et al.* (2015) também observaram a geração de radicais hidroxila em meio ácido a partir de microbolhas (entre 5 e 100 μm) de ozônio assim como a degradação de fenol nestas condições. Neste caso, eles atribuem a geração de radicais hidroxila pela dissociação térmica do ozônio (Eqs. 12 e 13)(que está dissolvido em grandes concentrações devido ao colapso das MBs), levando à uma eficiente degradação do contaminante fenol.




Jabesa e Gosh (2016) também utilizaram MBs de ozônio (entre 5 e 100 μm) na degradação de dietilftalato e observaram a mineralização quase completa (95%) deste composto em pH 9 e concentração igual a 180 mM após 30 minutos de reação. Foi observado neste caso que a velocidade de reação de oxidação do dietilftalato aumentou conforme se aumentou o pH da solução entre 3 e 9.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

AGARWAL, A., NG, W. J., LIU, Y., Principle and applications of microbubble and nanobubble technology for water treatment. **Chemosphere**, 84, 1175–1180. 2011.

CHAPLIN, M. **Water structure and Science**. Disponível em: <http://www1.lsbu.ac.uk/water/nanobubble.html#r2013>. 2018.

CHO, S.H., KIM, J.Y., CHUN, J.H., KIM, J.D., Ultrasonic formation of nanobubbles and their zeta-potentials in aqueous electrolyte and surfactant solutions. **Colloids Surfaces A Physicochem. Eng. Asp.** 269, 28–34. 2005.



DEMANGEAT, J.-L., 2015. Gas nanobubbles and aqueous nanostructures: The crucial role of dynamization. *Homeopathy*, 104, 101–115.

EKLUND, F. E SWENSON, J. 2018. Stable Air Nanobubbles in Water: the Importance of Organic Contaminants. *Langmuir*, 34, 11003–11009.

ETCHEPARE, R. G. **Geração, caracterização e aplicações das nanobolhas na remoção de poluentes aquosos e reúso de água por flotação.** Tese de doutorado. UFRGS. 2016.

FAN, M., TAO, D., HONAKER, R., LUO, Z., Nanobubble generation and its application in froth flotation (part I): nanobubble generation and its effects on properties of microbubble and millimeter scale bubble solutions. *Min. Sci. Technol.* 20, 1–19. 2010.

GURUNG A, DAHL O, JANSSON K., The fundamental phenomena of nanobubbles and their behaviour in wastewater treatment technologies. *Geosyst Eng.*, 19, 1-10. 2016.

KIM, J.-Y., SONG, M.-G., KIM, J.-D., Zeta potential of nanobubbles generated by ultrasonication in aqueous alkyl polyglycoside solutions. *J. Coll. Interf. Science*, 223, 285–291. 2000

KHUNTIA, S.K., MAJUMDER, GHOSH, P. Quantitative prediction of generation of hydroxylradicals from ozone microbubbles. *Chem. Eng. Res Design* 98, 231–239. 2015.

JABESA, A. E GOSH, P. Removal of diethyl phthalate from water by ozone microbubbles in a pilot plant. *J. Environ. Manage.* 180, 476-484. 2016.

LJUNGGREN, S., ERIKSSON, J.C., The lifetime of a colloid-sized gas bubble in water and the cause of the hydrophobic attraction. *Colloid. Surf. A* 129–130. 1997.

LANGLAIS, B.; RECKHOW, D. A.; BRINK, D. R. **Ozone in water treatment - Application and Engineering.** Lewis Publishers, Chelsea, Michigan, United States of America; American Water Works Association Research Foundation, Denver, Colorado, United States of America, 1991.


LI, H., HU, L., SONG, D., AL-TABBAA, A. Subsurface Transport Behavior of Micro-Nano Bubbles and Potential Applications for Groundwater Remediation. *Int. J. Environ. Res. Public Health*, 11, 473-486. 2014.

LOU, S.-T., OUYANG, Z.-Q., ZHANG, Y., LI, X.-J., HU, J., LI, M.-Q., YANG, F.-J., Nanobubbles on solid surface imaged by atomic force microscopy. *J. Vac. Sci. Technol. B Microelectron. Nanom. Struct.* 18, 2573. 2000.

MEEGODA, J. N., HEWAGE, S. A., BATAGODA, J. H., Stability of Nanobubbles, *Environ. Eng. Science*, 35, 1216-1227. 2018.

OEFFINGER, B.E., WHEATLEY, M.A., Development and characterization of a nanoscale contrast agent. *Ultrasonics* 42, 343–347. 2004.

OHGAKI, K., KHANH, N.Q., JODEN, Y., TSUJI, A., NAKAGAWA, T., Physicochemical approach to nanobubble solutions. *Chem. Eng. Sci.* 65, 1296–1300. 2010.



RAHMAN, A., AHMAD, K. D., MAHMOUD, A., MAOMING, F. Nanomicrobubble flotation of fine and ultrafine chalcopyrite particles. **International Journal of Mining Science and Technology**, 24, 559–566. 2014.

RUBIO J, SOUZA ML, SMITH RW. Overview of flotation as a wastewater treatment technique. **Miner Eng.** 15, 139–55. 2002.

SEDDON, J.R.T., LOHSE, D., DUCKER, W.A., CRAIG, V.S.J., A deliberation on nanobubbles at surfaces and in bulk. **Chem Phys Chem** 13, 2179–2187. 2012.

SOBHY, A., TAO, D., Nanobubble column flotation of fine coal particles and associated fundamentals. **Int. J. Miner. Process.** 124, 109–116. 2013.

SUTHERLAND, K. L., Physical chemistry of flotation. XI. Kinetics of the flotation process. **J. Phys. Coll. Chem.**, 52, 394–425. 1948.

TAKAHASHI M., ζ potential of microbubbles in Aqueous solutions: electrical properties of the gas–water Interface. **J Phys Chem B**, 109, 21858–64. 2005.

TAKAHASHI, M., CHIBA, K., LI, P., Formation of Hydroxyl Radicals by Collapsing Ozone Microbubbles under Strongly Acidic Conditions. **J. Phys. Chem. B**, 111, 11443-11446. 2007.

TAKAHASHI M. Base and technological application of micro-bubble and nanobubble. **Mater. Integ.** , 22, 2–19. 2009.

TEMESGENA, T., BUIA, T. T., HANA, M., KIMB, T., PARK, H. Micro and nanobubble technologies as a new horizon for water-treatment techniques: A review. **Adv. Colloid Int. Science**, 246, 40–51. 2017.

TSAI J-C, et al. Nano-bubble flotation technology with coagulation process for the cost-effective treatment of chemical mechanical polishing wastewater. **Sep Purif Technol**, 58, 61–67. 2007.

TOLMAN, R.C., The Effect of Droplet Size on Surface Tension. **J. Chem. Phys.** 17, 333. 1949.

TSUGE H. Fundamentals of microbubbles and nanobubbles. **Bull Soc Sea Water Sci**, 64, 4–10. 2010.

USHIKUBO, F.Y., FURUKAWA, T., NAKAGAWA, R., ENARI, M., MAKINO, Y., KAWAGOE, Y., SHIINA, T., OSHITA, S., Evidence of the existence and the stability of nanobubbles in water. **Colloids Surfaces A Physicochem. Eng. Asp.** 361, 31–37. 2010.

USEPA – UNITED STATES ENVIRONMENTAL PROTECTION AGENCY. In Situ Chemical Oxidation. Disponível em: <http://www.clu-in.org/>. 2009.

WEBER J, AGBLEVOR F., Microbubble fermentation of *Trichoderma reesei* for cellulose production. **Process Biochem**, 40, 669–76. 2005.

WU, C., NESSET, K., MASLIYAH, J., XU, Z., Generation and characterization of submicron size bubbles. **Adv Coll Interf Sci**, 179-182, 123–132. 2012.



CAPÍTULO 2

ESTUDO SOBRE INOVAÇÕES RELACIONADAS AO CUMBARU NO PANTANAL SUL

Valdomiro Nunes de Oliveira Júnior, Bacharel em Administração, UFMS-CPAQ
Daniela Althoff Philippi, Doutora em Administração pela Universidade Nove de Julho, com estágio doutoral na North Carolina State University, Professora Adjunta do Curso de Administração, UFMS-CPAQ


RESUMO

Ao longo dos anos, a inovação revela-se cada vez mais importante na qualidade de vida das pessoas, no progresso econômico, na preservação e continuidade do meio ambiente e no desenvolvimento social. A inovação consiste em fazer algo novo ou significativamente melhorado e vem sendo entendida como objeto central na gestão das organizações e mecanismo de competitividade. Há classificações da inovação que facilitam a sua compreensão e aplicação, incluindo a inovação sustentável. Em Mato Grosso do Sul existem pequenas organizações que têm promovido a geração de renda para seus integrantes por meio da extração, produção e inovações a partir do cumbaru, um fruto nativo de cerrado e abundante nas regiões do Pantanal Sul. O presente estudo objetivou classificar as inovações relacionadas ao cumbaru em organizações sul pantaneiras de Anastácio e Miranda – MS. Com a metodologia estudo de casos múltiplos – relativos a grupos extrativistas do Cumbaru de dois assentamentos de Anastácio-MS e de Instituto de Miranda – MS, os dados foram coletados por meio de entrevistas em profundidade e observação não participante e foram analisados qualitativamente, buscando relações com a teoria. Como resultados, identificaram-se diversas inovações associadas ao cumbaru, classificadas em incrementais, organizacionais, dentre outras, como a inovação aberta. Ainda, foram evidenciadas características sustentáveis nas inovações. Constatou-se que as inovações agregam valor às organizações. Finaliza-se o artigo com sugestões às organizações estudadas e para futuras pesquisas.

PALAVRAS CHAVE: Extrativismo. Inovação. Desenvolvimento Sustentável.

1 INTRODUÇÃO

A evolução da humanidade vem sendo observada com as constantes mudanças nas relações entre a natureza e o homem. O ambiente sendo transformado cada vez mais profundamente para que o homem perpetue sua espécie, o que ficou evidenciado após a Revolução Agrícola quando o homem passou a domesticar os animais e controlar as técnicas de plantio, momento em que surgiram as primeiras cidades e também, por consequente, os primeiros desmatamentos e extinções de espécies (PEREIRA, 2009). Neste sentido, a sustentabilidade aliada à inovação, passou a ser foco de atenção nas organizações e para os consumidores.




Segundo o Manual de Oslo (OCDE, 2005), inovação busca a implementação de um produto/serviço (novo ou significativamente melhorado), novo modelo de negócio, uma nova roupagem de marketing e melhores práticas organizacionais. Para Ceretta, Reis e Rocha (2016) a inovação é um processo de extrema relevância que influencia a competitividade entre os países, as regiões e as organizações, o que evidencia o assunto tanto no crescimento organizacional, acadêmico e científico.

A inovação pode assumir diversas formas como a transformação que uma empresa oferece nos produtos/serviços alteração na criação e entrega dos produtos/serviços, alteração na forma como os produtos/serviços são inseridos no mercado e alteração na mentalidade e nos modelos predefinidos que a empresa está acostumada a fazer (TIDD; BESSANT; PAVITT, 2008). Buscando interação com outras organizações para busca de implementações de projetos inovadores a inovação aberta utiliza-se de fontes externas e internas (SCHERER e CARLOMAGNO, 2016). Juntamente com o que foi dito Tigre (2019), intensifica que a rede de inovação aberta inclui aquisição ou transferência de tecnologia e o estabelecimento de parcerias e consórcios de pesquisa. Sobre inovação sustentável, Barbieri et al (2010), colaboram, dizendo que para introdução de produto/serviços, processos de produção, negócios ou métodos de gestão, novos ou expressivamente melhorados para a organização, precisam produzir vantagens econômicas, sociais e ambientais, não só reduzindo impactos negativos, mas alcançando benefícios líquidos nas consequências socioambientais e econômicas.

Em estudo sobre o fruto cumbaru no cerrado Da Silva e Philippi (2018) e Falcão e Philippi (2019), em organizações extrativista e produtoras de Mato Grosso do Sul apresentaram características sustentáveis, especialmente nas inovações de produto e processo, alinhadas às dimensões sustentáveis e propuseram sugestões para a inovação sustentável.

Observa-se que o cumbaru, fruto nativo de cerrado é abundante nas regiões do Pantanal Sul de Anastácio e Miranda – MS e tem gerado renda para pessoas no estado, com parcerias e desenvolvimento no processo produtivo famílias estão aumentando sua rentabilidade e diminuindo a exclusão social naquela área.

A partir disso formulou-se como pergunta de pesquisa: como se classificam as inovações relacionadas ao cumbaru em organizações de Anastácio e Miranda – MS? Sendo o objetivo geral: classificar as inovações relacionadas ao cumbaru em organizações de Anastácio e Miranda – MS. E, como objetivos específicos: levantar inovações associadas ao cumbaru e aos



seus derivados; identificar os tipos de inovação quanto à natureza e quanto ao seu impacto; verificar a existência de inovação aberta e de características de inovação sustentável.

2 REFERENCIAL TEÓRICO

Neste capítulo, apresentam-se a inovação, abrangendo o seu histórico e definições, e a classificação da inovação.

2.1 INOVAÇÃO: HISTÓRICO E DEFINIÇÕES

Segundo Ceretta, Reis e Rocha (2016, p. 2), “o contexto econômico global no processo de desenvolvimento e difusão de inovações caracteriza-se como uma temática que marcou o final do Século XX e o início do século atual”. Os autores destacam que a inovação é um processo importantíssimo que influencia a competitividade entre os países, as regiões e as organizações, o que evidencia o assunto tanto no crescimento organizacional, acadêmico e científico.


Com Schumpeter, o tema da inovação voltou a ser enfaticamente debatido no início do século XX. Seu trabalho foi amadurecendo com o passar dos anos e através de novas teoria do crescimento ligados à inovação, que foram desenvolvidas por pesquisadores que o sucederam (VARELLA; MEDEIROS; SILVA JUNIOR, 2012).

Conforme Audy (2017), hoje a inovação está presente em todas as áreas da sociedade e em todos os segmentos. Existem muitos que confundem inovação com ideias novas, belas concepções e teorias de como poderia ou deveria ser feito algo. Para o autor, a inovação é mais que uma ideia, é a idealização aplicada, executada e transformada em algo que a sociedade possa evoluir em operacionalidade, desenvolvimento e que tenha satisfação, seja no produto, serviço ou no processo de produção de ambos.

No Manual de Oslo consta que a “inovação é a implementação de um produto (bem ou serviço) novo ou significativamente melhorado, ou um processo, ou um novo método de marketing, ou um novo método organizacional nas práticas de negócios, na organização do local de trabalho ou nas relações externas” (OCDE, 2005, p. 55).

Para Varella, Medeiros e Silva Junior (2012), o tema inovação veio sendo trabalhado por diversos pesquisadores após o lançamento da pedra fundamental por Schumpeter em 1911, surgindo grandes correntes teóricas, como os neoclássicos nos anos de 1950 e evolucionários, que também são conhecidos como neo-Schumpeterianos, nos anos de 1980.

Para Pinsky e Kruglianskas (2017), a minimização de impactos socioambientais está



relacionada com a economia de baixo carbono, que representa uma oportunidade e também uma ameaça na mesma proporção para as empresas, buscar uma gestão de projetos de inovação voltados para a sustentabilidade com conhecimento que possa instruir o processo de desenvolvimento de políticas públicas sugere uma grande indagação para o processo.

Segundo Pereira (2009), a evolução da humanidade vem sendo evidenciada com as constantes mudanças nas relações entre a natureza e o homem. Este sempre transformando o ambiente em que vive para perpetuar sua espécie, entretanto suas modificações vêm se tornando cada vez mais profundas. O que para o autor ficou digno de nota após a Revolução Agrícola, pois é nesta fase que o homem passou domesticar os animais e comandar as técnicas de plantio. O que a partir daí surgiram as primeiras cidades e também os primeiros impactos ambientais como por exemplo a extinção de espécies, os desmatamentos florestais e desvios de curso de água.

Neste sentido, a sustentabilidade aliada à inovação, passou a ser foco de atenção nas organizações e para os consumidores.


De acordo com Barbieri et al. (2010) as inovações sustentáveis devem proporcionar resultados econômicos, sociais e ambientais satisfatórios e benéficos com riquezas em cada uma de sua área citada. O que para os autores não é tarefa fácil dadas as incertezas, variáveis e interações que as inovações trazem, quando são radicais ou com grande grau de novidades em relação ao estado que se encontra. O que ocasiona aos aspectos socioambientais maior dificuldade de serem avaliados previamente, mas poderia ser possível com a introdução de processos produtivos, produtos/serviços, métodos de gestão ou negócios, novos ou significativamente melhores para que a organização possa reduzir os impactos negativos.

2.2 CLASSIFICAÇÃO DA INOVAÇÃO

A seguir, apresentam-se diferentes classificações da inovação: quanto à natureza, quanto aos seu impacto e sua origem em termos de Pesquisa e Desenvolvimento (P&D) e relacionada ao desenvolvimento sustentável.

2.2.1 QUANTO À NATUREZA

De acordo com o Manual de Oslo (OCDE, 2005), existe distinção entre quatro tipos de inovações: 1. Inovação de produto que é caracterizado por novas ou substancialmente melhorias do serviço/produto oferecido aos consumidores; 2- Inovação de processo que é caracterizado por métodos, equipamentos e/ou habilidades para o desempenho dos serviços/produtos novos ou substancialmente melhorados; 3- Inovação organizacional que é caracterizado por práticas



de novos métodos organizacionais de negócios, na organização do local de trabalho e nas relações externas da empresa; e 4 – Inovação de marketing que é caracterizado por uma inovação no método de marketing ou um serviço, através de design diferente, promoções e metodologia de preços e vendas de seus produtos.


Para Tidd, Bessant e Pavitt (2008), inovação é uma mudança que pode assumir várias formas como a mudança que uma empresa oferece nos produtos/serviços (inovação de produto), mudança na criação e entrega dos produtos/serviços (inovação de processo), mudança na forma como os produtos/serviços são inseridos no mercado (inovação de posição) e mudança na mentalidade e nos modelos predefinidos que a empresa está acostumada a fazer (inovação de paradigmas).

2.2.2 QUANTO AO IMPACTO

Para Filatro (2019), a inovação incremental, ou evolucionária, pode ser tão simples e acessível como a releitura de uma solução existente ou a adição de melhorias ou extensões que visem incrementar versões atuais de um produto, processo ou serviço. Já na inovação disruptiva, é mais radical e provoca a substituição de uma solução antiga por uma nova, redefinindo o modo de pensar, as tecnologias utilizadas, os atores envolvidos e, eventualmente, até mesmo a legislação relacionada ao objetivo.

Para Da Silva (2018), a inovação incremental busca a inserção no algo novo ou sensivelmente melhorado, sem que isso possa alterar significativamente suas características básicas. Pois segundo o autor, para que a inovação incremental seja considerada deve existir uma melhoria a partir de um produto, processo ou serviço que já existe. Já a inovação radical propõe que o novo produto, serviço ou processo permita a criação de um novo mercado que agregue novos valores, podendo até encerrar algum mercado já existente e podendo mudar o modelo de negócio existente (DA SILVA, 2018).

Para Tigre (2019), as modificações tecnológicas são representadas pelas inovações incrementais, que abrangem melhorias feitas no design ou na qualidade dos produtos, melhorias nos processos e layout, novos arranjos logísticos e organizacionais e novas atividades de compra e venda. Para o autor as inovações incrementais ocorrem de forma continuada em qualquer indústria, mesmo com variações de setor ou país de acordo com sua demanda, fatores sociais e oportunidades e trajetórias tecnológicas. Enquanto que a mudança tecnológica considerada radical rompe as trajetórias existentes, buscando uma nova rota, que geralmente está relacionado com as atividades de P&D, ou seja, rompe os limites da inovação incremental,



dando origem a novas trajetórias tecnológicas, o que se também pode chamar de inovação “disruptivas”.

2.2.3 INOVAÇÃO ABERTA

Para Scherer e Carlomagno (2016) a busca da inovação extrapolou os limites físicos e geográficos da organização. A necessidade de ampliar a produtividade da inovação tem ambicionado empresas de diferentes portes e setores a obterem auxílio externo para inovar. Os departamentos de P&D têm apresentados grandes limitações para produzirem o crescimento e renovação que as organizações precisam para se desenvolverem.


Assim, surge o conceito de inovação aberta que, para Tigre (2019), pressupõe que por mais que as organizações possuam Pesquisa e Desenvolvimento (P&D), a maioria dos bons profissionais estão fora das empresas e essas fontes externas de tecnologia agregam valor ao negócio.

A inovação aberta busca utilizar fontes externas e internas à organização para sua criação, desenvolvendo e implementando projetos inovadores (SCHERER; CARLOMAGNO 2016). Tigre (2019) complementa que a rede de inovação aberta inclui a prestação de serviços técnicos, a aquisição ou transferência de tecnologia e o estabelecimento de parcerias e consórcios de pesquisa.

De acordo com Scherer e Carlomagno (2016), o conceito de inovação aberta defende o “colaborar” como a melhor forma de otimizar a inovação, ao invés do “proteger”, conceito que orientava a percepção tradicional de P&D. Existe muitos casos de empresas que inovam a partir de tecnologias e ideias de terceiros. Importante destacar que a colaboração com terceiros não se resume a fase de idealização da cadeia de valor da inovação. Desta forma, a organização pode utilizar conhecimento, tecnologias e relacionamentos com terceiros nas diferentes etapas da cadeia. Podendo por exemplo, pode contar com seus clientes e canais de distribuição para o refinamento de uma ideia gerada por um funcionário, assim como pode experimentar uma ideia de terceiros com sua equipe própria. O conceito de inovação aberta atua em todas as fases da cadeia de valor da inovação de acordo com as políticas da empresa.

2.2.4 INOVAÇÃO SUSTENTÁVEL

Para Barbieri et al (2010), a inovação sustentável (IS) é a introdução produto/serviços, processos de produção, negócios ou métodos de gestão, novos ou expressivamente melhorados para a organização e que produz vantagens econômicas, sociais e ambientais, comparados com opções pertinentes. Segundo o autor não se deve tratar de apenas de reduzir impactos negativos,




entretanto de alcançar benefícios líquidos, pois as avaliações das consequências socioambientais devem fazer parte do processo, buscando que seus benefícios sejam alcançados com resultados sociais e ambientais. Em complementação, Gonçalves et al (2016) defendem a influência positiva da sustentabilidade e da inovação no crescimento e desenvolvimento econômico sustentável.

Para Pinsky (2015), o desenvolvimento social e a competitividade são influenciadas prioritariamente pela inovação. Esta apresenta-se como alternativa para desenvolvimento de uma nova economia de baixo carbono, buscando o desenvolvimento sustentável e a viabilidade de iniciativa com foco em atenuar e adaptar os impactos ambientais, principalmente aqueles que possuem relação com as mudanças climáticas.

Segundo Barbieri et al (2010), não basta as empresas apenas inovarem constantemente, porém inovar de forma a considerar as três dimensões da sustentabilidade: 1- dimensão social, que se preocupa com impactos gerados nas comunidades humanas dentro e fora das organizações, como por exemplo os desempregos, pobreza, exclusão social; 2- dimensão ambiental, que se preocupa com os impactos gerados no ambiente, pelo uso dos recursos naturais e emissão de poluentes; e 3- dimensão econômica, que se preocupa com os vantagens econômicas alcançada com introdução da inovação sustentável, para se manter no mercado de forma competitiva e lucrativa. Deste modo a inovação sustentável do negócio deve gerar recursos para remunerar e suprir os meios utilizados, seja nos fatores da produção, repor os ativos usados e investimento para a continuação da competitividade.

Da Silva e Philippi (2018), em estudo realizado sobre inovações relacionadas à castanha de cumbaru no Assentamento Monjolinho (AMAM) em Anastácio-MS, identificaram, através de entrevistas, que a dimensão social associada a inovações está presente na interação entre as mulheres do assentamento. Nesta dimensão destacaram-se a troca de experiências, a implementação de novas ideias para a produção saudável de produtos novos, além da geração de renda complementar de mulheres que trabalham com o fruto próximo das suas residências. Falcão e Philippi (2019) em outro estudo, identificaram aspectos da dimensão social do desenvolvimento sustentável em inovações da castanha do cumbaru no Assentamento Andalucia em Nioaque-MS, como a interação entre os membros do assentamento com outras comunidades; o que antes era apenas alternativa para as mulheres hoje com participação dos demais membros das famílias, agregando maior número de pessoas, inclusive do gênero masculino, o que aumentou o alcance do produto a um maior contingente de consumidores (através de alimentação nutritiva e natural).




Para Da Silva e Philippi (2018), o produto do fruto do cumbaru promove o bem estar das pessoas que é proporcionado por ser um fruto saudável e que a partir do entendimento de seus benefícios tem se tornado uma preferência para os consumidores. De acordo com Falcão e Philippi (2019), os produtos e derivados do cumbaru alcançam cada vez maiores quantidades de consumidores devido ao avanço do produto nas questões nutritivas e natural que são produzidos.

Sobre a dimensão ambiental do desenvolvimento sustentável, Da Silva e Philippi (2018) verificaram nas inovações do cumbaru do Assentamento Monjolinho que os impactos negativos ao meio ambiente são reduzidos, pois os frutos da castanha do cumbaru são colhidos diretamente do chão e o processo de secagem também se utiliza de procedimentos limpos como a exposição ao ar livre das castanhas boas e as que não estão boas para a produção são descartadas novamente ao meio ambiente. Para Falcão e Philippi (2019), com relação à dimensão ambiental em inovações de processo do cumbaru no Assentamento Andalucia, constataram que a extração e processo produtivo ocorrem de forma sustentável e consciente, para não afetar o desempenho do barueiro e não danificar o meio ambiente.

De acordo com Da Silva e Philippi (2018) a colheita consciente, para não afetar o desempenho de produção do barueiro, a produção mais limpa, eficiente e livre de agrotóxico tem proporcionado maiores atrativos para aquisição desses produtos por parte dos consumidores. Segundo Falcão e Philippi (2019), aspecto relativo à inovação ambiental evidenciado foi a transparência de informações ao público no produto final, com garantias ao consumidor de produto de procedências 100% orgânico, pois houve a conquista em 2016 do Certificado de Conformidade, o que permite a comercialização de produtos orgânicos no mercado brasileiro.

Conforme Da Silva e Philippi (2018), a dimensão econômica em inovações do cumbaru no Assentamento Monjolinho está relacionada à geração de riqueza, representada pela alternativa de renda para as mulheres e com o fato de ser matéria prima nativa do cerrado e abundante na região. Segundo Falcão e Philippi (2019), em estudo sobre inovações do Assentamento Andalucia, constaram que a geração de renda decorre de inovações de processo que promoveram uma produção com maior rapidez e que inovações de produto e processo refletem em maior rentabilidade para as famílias e alternativas de renda com os derivados do cumbaru.



Nos estudos de Da Silva e Philippi (2018) observou-se a geração de riqueza com as vendas de produtos, vantagens competitivas, com seu valor nutritivo contido na castanha de cumbaru, o que se tornou uma preferência para as pessoas que buscam saúde e bem-estar. Segundo Falcão e Philippi (2019) os produtos e derivados do cumbaru proporcionaram mais competitividade no mercado, com a certificação de procedência 100% orgânico, que levou à exportação dos produtos, aumentando a lucratividade.

3 MÉTODOS E TÉCNICAS


A pesquisa caracteriza-se como descritiva. Para Gil (2019), pesquisas deste tipo têm como propósito a descrição de características de uma população ou fenômeno ou abertura de relações entre variáveis (GIL, 2019). Aqui, os fenômenos estudados são as inovações relativas ao cumbaru nas organizações estudadas, também entendidos como casos estudados, uma vez que a pesquisa se classifica também como de estudos de casos múltiplos.

Para Yin (2001) o estudo de caso é a investigação de um fenômeno contemporâneo de forma empírica dentro de uma circunstância da vida real, sendo que o limite das circunstâncias e do fenômeno não estão bem definidos. Para o autor é uma estratégia de pesquisa que responde às perguntas “como” e “por que” e que foca em contextos da vida cotidiana de situações atuais.

Trata-se, ainda, de uma pesquisa qualitativa que, segundo Cooper e Schindler (2016) é a que inclui um conjunto de técnicas que procuram descrever, interpretar, traduzir e aprender o significado de certos fenômenos que ocorrem de forma mais ou menos natural na sociedade. Para o autor os gestores fazem pesquisa para entender como (processo) e por que (significado) as coisas acontecem em determinada forma.

Para a seleção das organizações e das entrevistadas, utilizou-se a amostragem não probabilística, que segundo Walliman (2014), baseia-se na seleção por mecanismos não aleatórios, no qual é útil para certos estudos como levantamentos rápidos em que não se tem acesso a população inteira, mas que provê uma base superficial para generalização, existindo uma variedade de técnicas que podem ser usadas como amostragem acidental. Como já mencionado, há diversas organizações no estado de Mato Grosso do Sul que trabalham com o cumbaru o que representa a população desta pesquisa, sem haver precisão de quantas.

Assim, na amostragem não probabilística, empregou-se a por conveniência, que, conforme Gil (2019), é aquela que o pesquisador seleciona os elementos a que tem acesso, aceitando que eles possam, de alguma forma, simbolizar o universo, esses elementos são selecionados por estarem mais disponíveis para participar do estudo. Considerando contato pré-



existente a três organizações extrativistas de cumbaru próximas do município de Aquidauana, optou-se por realizar o estudo dos casos das organizações: Grupo de Produção Sustentável do Assentamento São Manoel, em Anastácio-MS; Associação Produtiva do Assentamento Bandeirantes (APAB), em Miranda-MS; e Núcleo Ser Vir a Vida- Instituto Pantanal Sul, também em Miranda.

A coleta de dados ocorreu por meio de entrevistas semiestruturadas, que são as que possuem um roteiro, mas conferem ao pesquisador flexibilidade para alterar introduzir ou eliminar questões, conforme as suas percepções de necessidade ao longo da entrevista (BERTUCCI, 2015). Deste modo, as entrevistas foram a líderes das três organizações estudadas. As entrevistas tiveram duração média de 35 minutos o correram por meio de contato telefônico. Todas as entrevistadas tiveram acesso às perguntas do roteiro antes das entrevistas que foi elaborado no googleforms e enviado a todas previamente. O registro se deu pelo pesquisador, durante a entrevista pelo telefone, no próprio formulário.

De forma complementar aos dados da entrevista, outra técnica utilizada foi a observação não participante é aquela em que o observador verifica e aprende como o objeto de análise ocorre naturalmente, sem tomar iniciativa no evoluir das situações que ocorrem (MOREIRA, 2004; MARIETTO, 2018). Em virtude das dificuldades de locomoção e das impostas em virtude do Corona Vírus, realizou-se a observação não participante da atuação do Núcleo Ser Vir a Vida-Instituto Pantanal Sul, em ponto de comercialização em Campo Grande-MS, que permitiu o registro fotográfico e anotações em diário de campo, bem como complementar pessoalmente alguns dados da entrevista.

No quadro 1 apresentam-se as organizações estudadas e a sua codificação, representando também as líderes entrevistadas.

Quadro 1: Código de identificação dos assentamentos e das organizações

ASSENTAMENTO/INSTITUTO	ORGANIZAÇÃO	CÓDIGO
Assentamento São Manoel	Grupo de produção sustentável do Assentamento São Manoel	A. MANOEL
Assentamento Bandeirantes/Miranda	Associação Produtiva do Assentamento Bandeirante (APAB)	A. BAND
Instituto Pantanal Sul/ Miranda	Núcleo Ser Vir a Vida	I. PSM

Fonte: elaborado pelos autores com base nos dados primários (entrevistas)

Os dados foram tratados com a análise qualitativa, conforme as orientações de Minayo (2001): ordenados, classificados e analisados, buscando teorização a partir da confrontação entre a teoria e o que se revelou expressivo na pesquisa de campo.

4 RESULTADOS E DISCUSSÕES

Inicialmente apresentam-se a caracterização das entrevistadas, das organizações e da produção vinculada ao cumbaru e, então, a classificação das inovações relacionadas ao cumbaru.

4.1 CARACTERIZAÇÃO DAS ENTREVISTADAS, DAS ORGANIZAÇÕES E DA PRODUÇÃO VINCULADA AO CUMBARU

No quadro 2 apresentam-se o nível de instrução das entrevistadas juntamente com o tempo que reside no assentamento e tempo de trabalho com o fruto Cumbaru.

Quadro 2: Características das Entrevistadas

ASSENTAMENTO/ GRUPO	NÍVEL DE INSTRUÇÃO	TEMPO EM QUE RESIDE NO ASSENTAMENTO	TEMPO QUE TRABALHA COM O CUMBARU
A. MANOEL	Ensino Fundamental completo	30 anos	13 anos
A. BAND	Ensino Superior Completo	20 anos	04 anos
I. PSM	Pós-graduação incompleta	00 anos	06 anos

Fonte: elaborado pelos autores com base nos dados primários

Como se observa no quadro 2 há uma diferença considerável entre o grau de instrução das entrevistadas. O mesmo ocorre em relação ao tempo de assentamentos havendo uma diferença de 30 anos entre a I. PSM e a A. MANOEL. Ainda, a que está há mais tempo residindo no Assentamento, A. MANOEL é a que possui o menor grau de instrução, enquanto que a que reside menos tempo, é a com o maior nível de instrução. Como se observa na última coluna a entrevistada A. MANOEL é, ainda a que trabalha há mais tempo com o cumbaru, passando de mais de o dobro de tempo em relação a outras duas entrevistadas. Destaca-se ainda que I. PSM, mesmo residindo a menos que um ano no Assentamento, carrega consigo a experiência de trabalho de seis anos com o cumbaru.

No quadro 3 apresentam-se a caracterização para cada tipo de organização extrativista em que cada produtora dos assentamentos/Instituto está inserida.

Quadro 3: Caracterização da organização extrativista e produtora

ASSENTAMENTO/GRUPO	TIPO DE ORGANIZAÇÃO
A. MANOEL	Grupo que se reúne periodicamente com objetivos comuns
A. BAND	Associação
I. PSM	Grupo que se reúne periodicamente com objetivos comuns

Fonte: elaborado pelos autores com base nos dados primários

Como se observa no quadro 3 o A. MANOEL e I. PSM caracterizam-se como Grupo que se reúne periodicamente com objetivos comuns, já o A. BAND caracteriza-se como uma Associação.

No quadro 4 apresentam-se a comunidade e o Cumbaru, quantidade de pessoas que trabalham com o Cumbaru, ano que iniciaram o manuseio com o fruto e novos produtos derivados fabricados.

Quadro 4: A comunidade e o Cumbaru

ASSENTAMENTO/ GRUPO	NÚMERO DE PESSOAS NO GRUPO QUE TRABALHAM COM O CUMBARU	DESDE QUANDO (ANO) O CUMBARU É FONTE DE RENDA NO ASSENTAMENTO	ALÉM DO CUMBARU IN NATURA, QUAIS PRODUTOS DERIVADOS
A. MANOEL	07	2008	Pães; bolos; biscoitos doces; e farinhas
A. BAND	04	2016	Nenhum
I. PSM	20	2016	Polpa de baru; Xarope; Testando cosméticos; Bolo; Cookies; e Farinha da polpa

Fonte: elaborado pelos autores com base nos dados primários

Como se observa no quadro 4 o A. MANOEL possui sete pessoas que trabalham como Cumbaru enquanto que o A. BAND possui apenas quatro e o I. PSM possui o maior número de pessoas que trabalham com o Cumbaru. Em relação ao ano que iniciaram os trabalhos para obtenção de renda com o Cumbaru o A. MANOEL iniciou em 2008 enquanto que o A. BAND e o I. PSM iniciaram em 2016. Além do Cumbaru *in natura*, com exceção do A. BAND que não produz derivados, o A. MANOEL produz pães, bolos biscoitos doces e farinhas. Enquanto que o I. PSM produz popa de baru, xarope, produto para cosméticos, cookies, bolos e farinhas da polpa.

4.2 CLASSIFICAÇÃO DAS INOVAÇÕES RELACIONADAS AO CUMBARU

No quadro 5 apresentam-se a inovações de produto, processo e organizacional: melhorias no processo de extração, fabricação, criação de novos derivados e da organização.

Quadro 5: Inovações de produto, processo e organizacional

ASSENTAMENTO/ GRUPO	PROCESSO DE EXTRAÇÃO DO CUMBARU	PROCESSO DE FABRICAÇÃO DO CUMBARU E SEUS DERIVADOS	CRIAÇÃO DE NOVOS PRODUTOS DERIVADOS DO CUMBARU	NA ORGANIZAÇÃO
A. MANOEL	Sim	Sim	Sim	Sim
A. BAND	Não	Sim	Não	Não
I. PSM	Sim	Sim	Sim	Sim

Fonte: elaborado pelos autores com base nos dados primários

Como se observa no quadro 5 o processo de extração do Cumbaru obteve inovação para o A. MANOEL e para o I. PSM, enquanto que para o A. BAND não se observou inovação significativa.

Para os três Assentamentos/Grupos o processo de fabricação de derivados do Cumbaru obteve significativas inovações com o passar do tempo, pois adquiriram novos equipamentos e habilidades substancialmente melhoradas para o desempenho do serviço e confecção do produto, conforme preconiza o manual de Oslo (OCDE, 2005).

Já na criação de novos produtos derivados do Cumbaru o A. BAND não notou inovação, o que se percebe pelo quadro 4 onde não há produtos de derivados fabricado pelo referido assentamento. Já o A. MANOEL e o I. PSM notaram inovação na criação de derivados do Cumbaru, conforme produtos listados no quadro 4.

Verifica-se, portanto, que as entrevistadas relataram haver inovações de processo e produto, de maneira semelhante ao que apresentam Tidd, Bessant e Pavitt (2008) os Assentamentos/Grupo buscaram inovações na forma de como oferecem seus produtos, na forma como estão sendo inseridos no mercado, na melhoria dos mesmos, além de mudança na mentalidade e nos modelos predefinidos que a empresa está acostumada a fazer, nesta última só A. BAND que não notou esta inovação.

Com relação à inovação organizacional, com exceção de A. BAND, todas as entrevistadas relataram que houve semelhança às características evidenciadas no Manual de Oslo para este tipo de inovação (OCDE, 2005). As entrevistas relataram organizaram melhor o ambiente de trabalho com práticas novas e novas relações externas, com exceção do A. BAND que não notou inovações dentro da organização, enquanto que os A. MANOEL e o I. PSM observaram inovações dentro da organização com o passar do tempo.

No quadro 6 apresentam-se a inovações de produto, o cumbaru *in natura* e seus derivados.

Quadro 6: Inovações de produto e marketing: cumbaru e derivados

ASSENTAMENTO/ GRUPO	CUMBARU <i>IN NATURA</i>	DERIVADOS DO CUMBARU
A. MANOEL	Melhorias na embalagem e na divulgação do produto	Melhorias na apresentação do produto
A. BAND	Melhorias na divulgação para obter mais vendas	Melhorias na divulgação para obter mais vendas
I. PSM	Melhorias na embalagem e na divulgação do produto	Melhorias na embalagem e na divulgação do produto

Fonte: elaborado pelos autores com base nos dados primários



Como se observa no quadro 6 para o Cumbaru *in natura*, o A. MANOEL e o I. PSM observaram melhorias na embalagem e na divulgação do produto, enquanto que o A. BAND observou melhorias na divulgação para obter mais vendas. Já com relação aos derivados do Cumbaru o A. MANOEL observou melhorias na apresentação do produto, enquanto que o A. BAND observou melhorias na divulgação para obter mais vendas e por consequente o I. PSM observou melhorias na embalagem e na divulgação do produto. Desta forma, pode-se constatar também inovações de marketing associadas às inovações de produto, uma vez que todas mencionaram melhorias na divulgação dos produtos. De maneira semelhante ao Manual de Oslo (OCDE, 2005) e aos autores Tidd, Bessant e Pavitt (2008), todos os Assentamentos/Grupo evidenciaram inovações através do design diferente, promoções e metodologias de preços e vendas dos produtos da castanha do cumbaru.

De maneira análoga Da Silva e Philippi (2018), no Assentamento Monjolinho, e por Falcão e Philippi (2019), no Assentamento Andalucia, o I PSM evidenciou, empoderamento, melhorias significativas na embalagem do produto com informações agregadoras de valor em relação ao seu valor nutricional, transformando-se em um tipo de cooperativa sem ser registrada.

Todas as inovações até então identificadas, quanto ao seu impacto foram incrementais pois apresentaram melhorias feitas no design ou na qualidade dos produtos, melhorias nos processos, layout e organizacionais, com exceção da A. BAND, e novas atividades de compra e venda (TIGRE, 2019). Inseriu novidades na produção de produtos de cumbaru e de seus derivados, mas não alterou significativamente suas características básicas (DA SILVA, 2018).

No quadro 7 apresenta-se a existência de inovação aberta, indicando outras organizações que em cooperação, contribuíram para inovações identificadas.

Quadro 7: Inovação aberta relacionada ao cumbaru

ASSENTAMENTO/ GRUPO	TIPOS DE ORGANIZAÇÕES NA COOPERAÇÃO TECNOLÓGICA
A. MANOEL	UFMS; AGRAER e Grupos de outras localidades que trabalham com o Cumbaru
A. BAND	Organizações Não Governamentais
I. PSM	UFMS; e Organizações Não Governamentais

Fonte: elaborado pelos autores com base nos dados primários

Como se observa no quadro 7, para inovar, o A. BAND não busca cooperações tecnológicas relacionada ao Cumbaru com universidades, já o I. PSM busca mesclar cooperação tecnológica relacionada ao Cumbaru tanto com universidade pública e organizações não governamentais (ONG), enquanto que o A. MANOEL busca cooperações tecnológicas

relacionada ao Cumbaru em universidade pública e com grupos de outras localidades que trabalham com o Cumbaru. Desta maneira, constata-se que os assentamentos/Grupos buscaram inovações que extrapolaram seus limites físicos, buscando ampliar a produtividade recorreram a diferentes organizações com o intuito de produzirem crescimento e renovação para que sua organização desenvolva em P&D (SCHERER e CARLOMAGNO, 2016).

Os relatos convergiram ainda ao que trata Tigre (2019), de que grande parte dos bons colaboradores da P&D estão fora das organizações e contribuem para agregar valor. E, também, ao que Scherer e Carlomagno (2016) expõe sobre a necessidade de utilizar fonte externa e interna para a criação, desenvolvimento e de projetos inovadores.

Nos casos estudados por Da Silva e Philippi (2018) e por Falcão e Philippi (2019), respectivamente no Assentamento Monjolinho e Andalucia, também ocorreram a inovação aberta a partir da colaboração de profissionais da área de nutrição e capacitação proporcionada pela Prefeitura daquela região e também pela AGRAER (no Assentamento Monjolinho) e apoio da UFMS e parceria junto ao o Centro de Produção, Pesquisa e Capacitação do Cerrado (CEPPEC) que alcançou o selo pela Associação de Certificação Instituto Biodinâmico, uma organização que desenvolve atividades de certificação de produtos orgânicos e biodinâmicos (IBD), no Assentamento Andalucia.

O CEPPEC é um Centro de Produção, Pesquisa e Capacitação do Cerrado que desenvolve projetos na área de extrativismo, tecelagem e turismo, com intuito de capacitar os trabalhadores rurais do cerrado/pantanal (ECOIA, 2020), localizado em Nioaque, a menos de 120 km das organizações estudadas, vislumbra-se que uma cooperação com o CEPPEC, centro de referência no estado, seria um excelente caminho para todas, no propósito da geração de inovações, especialmente pela troca de experiências.

No quadro 8 apresentam-se as existências de inovações associadas às dimensões da sustentabilidade, no processo de extração, produção e produto final.

Quadro 8: Existência de inovações associadas às dimensões da sustentabilidade

ASSENTAMENTO/ GRUPO	DIMENSÕES DA SUSTENTABILIDADE E TIPOS DE INOVAÇÕES	PROCESSO (extração)	PROCESSO (produção)	PRODUTO
A. MANOEL	Econômica	Sim	Sim	Sim
A. BAND		-	Sim	-
I. PSM		Sim	Sim	Sim
A. MANOEL		Sim	Sim	Sim

A. BAND	Social	-	Sim	-
I. PSM		Sim	Sim	Sim
A. MANOEL	Ambiental	Sim	Sim	Sim
A. BAND		-	Sim	-
I. PSM		Sim	Sim	Sim

Fonte: elaborado pelos autores com base nos dados primários

- não houve questionamento, uma vez que como se apresenta no quadro 5, não houve inovações

Como se observa no quadro 8, quanto à dimensão econômica, o processo de extração desenvolve inovações com benefícios econômicos para que os Assentamentos/Grupos A. MANOEL e I. PSM desenvolvam renda para custear esse processo.


Já tanto no processo da produção todos os Assentamentos/Grupo observaram inovações na dimensão econômica, ou seja, houve remuneração suficiente na atividade econômica para suprir os meios utilizados e se manter competitivo no processo de produção.

A inovação no produto final, para os Grupos A. MANOEL e I. PSM, proporcionou benefícios econômicos, pois obtiveram maior lucratividade com a inovações de novos produtos com produtos para cosméticos, polpa de baru, xarope, bolo e doces, cookies e farinha da polpa.

Com relação à inovação na dimensão social, os Assentamentos/Grupos Grupos A. MANOEL e I. PSM observaram que houve uma preocupação com impactos gerados nas comunidades, tanto no processo de extração, produção e produto final. Ainda, com relação a A. BAND, houve benefícios sociais em inovações de processo de aprimoramento/qualificação, no que tange os desempregos, a pobreza e a exclusão social.

Em conformidade com a dimensão ambiental os Assentamentos/Grupos também observaram uma evolução com relação aos impactos gerados no ambiente, pelo uso dos recursos naturais e emissão reduzidos de poluentes tanto no processo de extração, produção e produto final.

De forma semelhante, nos casos estudados por Da Silva e Philippi (2018), no Assentamento Monjolinho, e por Falcão e Philippi (2019), no Assentamento Andalucia, houve também inovação na dimensão social relativo a troca de experiências/aprimoramentos no processo (maior facilidade na quebra da castanha o que proporcionou melhor qualidade de vida no trabalho) e no complemento de renda das mulheres. Houve também inovação ambiental na colheita consciente, para não afetar o desempenho de produção do barueiro e informações nutritivas na embalagem do produto. E na dimensão econômica houve a rentabilidade maior



das mulheres/famílias envolvidas na extração e produção do cumbaru, juntamente maior competitividade do produto no mercado e aprimoramento do processo produtivo (agilidade na produção).

5 CONSIDERAÇÕES FINAIS


O objetivo geral que foi classificar as inovações relacionadas ao cumbaru em organizações de Anastácio e Miranda – MS foi alcançado. Foram estudadas, como casos, as organizações Grupo de Produção Sustentável do Assentamento São Manoel, em Anastácio-MS; Associação Produtiva do Assentamento Bandeirantes (APAB), em Miranda-MS; e Núcleo Ser Vir a Vida- Instituto Pantanal Sul, também em Miranda.

Com relação às inovações associadas ao cumbaru e aos seus derivados, identificaram-se inovações não apenas associadas ao cumbaru, mas também aos seus derivados, evidenciada pelo Assentamento São Manoel e o Instituto Pantanal Sul/Miranda que desenvolvem pães, bolos, biscoitos doces, farinhas, polpa de baru, xarope, produtos para cosméticos, cookies e farinha da polpa. O que se pode notar no entusiasmo do Instituto Pantanal Sul/Miranda, que estão a cada dia buscando informações e fazendo experiência para produzir novos e melhores produtos derivados do cumbaru.

Na classificação das inovações quanto à natureza, a qualidade do produto e de seus derivados aumentou através de qualificação e parcerias, houve uma sensível melhoria na organização do trabalho, com exceção do A. BAND, o que aumentou o estímulo de produção, juntamente com isso também foi observada uma evolução no marketing com mudança em design de embalagens, metodologia de preços, vendas e promoção.

Quanto ao seu impacto, as inovações classificaram-se em incrementais, pois as características observadas na cadeia produtiva do cumbaru apresentaram melhorias na extração, processo de produção com aquisição de maquinário, evolução nas embalagens e com maiores detalhes de informações nutricionais ao cliente, modificações organizacionais que se aproximaram ao conceito de uma cooperativa. Não ocorreu a criação de um novo produto, serviço ou processo que permitisse a criação de um novo mercado que agregasse novos valores ou construindo novos negócios o que são evidenciados na inovação radical.

Verificou-se a existência de inovação aberta por meio de cooperações e parcerias com organizações como a UFMS, AGRAER, Grupos de outras localidades que trabalham com o cumbaru e Organizações Não Governamentais o que evidenciou busca por tecnologias externas nas diversas fases da cadeia do processo produtivo, agregando valor ao negócio.



Evidenciaram também características de inovação sustentável. Na dimensão ambiental identificou-se uma preocupação com os impactos gerados no processo de extração do cumbaru para não agredir os barueiros e manter sua continuidade, além aumentar as informações nutritivas nas embalagens dos produtos, agregando valor ao produto. Na dimensão social observou-se uma preocupação com os impactos gerados no processo produtivo aprimorando com aquisição de equipamentos e qualificando os indivíduos que participam do processo, diminuindo assim a exclusão social. Na dimensão econômica, houve remuneração suficiente na atividade econômica para suprir os meios utilizados e se manter competitivo no processo de produção. Observou-se também que a produção de derivados do cumbaru pelo Assentamento São Manoel e Instituto Pantanal Sul/Miranda impulsionou maior lucratividade do negócio com inovações de seus derivados inclusive na linha de cosméticos.

Sugere-se às organizações parcerias com o CEPPEC, pois o mesmo é um centro de referência em que possuem profissionais em diversas áreas que prestam apoio técnico e consultorias para trabalhadores rurais do Cerrado / Pantanal, localizado em Nioaque-MS, a menos de 120 km das organizações estudadas, o que seria um excelente caminho para todas, no propósito da geração de inovações, especialmente pela troca de experiências. Para futuras pesquisas, a aplicação de pesquisas semelhantes a esta em outras organizações do estado e estudos mais aprofundados sobre inovações abertas na cadeia extrativista e produtiva do cumbaru no estado.

REFERÊNCIAS

AUDY, Jorge. A inovação, o desenvolvimento e o papel da Universidade. **Estudos avançados**, São Paulo, v. 31, n. 90, p. 75-87, 2017.


BARBIERI, José Carlos et al. Inovação e sustentabilidade: novos modelos e proposições. **Revista de Administração de Empresas**, São Paulo, v. 50, n. 2, p. 146-154, 2010.

BERTUCCI, Janete Lara de Oliveira. **Metodologia básica para elaboração de trabalhos de conclusão de cursos (TCC): ênfase na elaboração de TCC de pós-graduação**. São Paulo: Atlas, 2015.

CERETTA, Gilberto Francisco; REIS, Dálcio Roberto dos; ROCHA, Adilson Carlos da. Inovação e modelos de negócio: um estudo bibliométrico da produção científica na base Web of Science. **Gestão & Produção**, São Carlos, v. 23, n. 2, p. 433-444, 2016.

COOPER, D. R.; SCHINDLER, P. S. **Métodos de Pesquisa em Administração**. Porto Alegre: AMGH Editora Ltda, 2016.

DA SILVA, Fabiane Padilha. **Inovações tecnológicas**. Porto Alegre: SAGAH, 2018



DA SILVA, Hevellen Dayse; PHILIPPI, Daniela Althoff. Características sustentáveis da inovação da castanha de cumbaru da Associação de Mulheres Agricultoras do Assentamento Monjolinho (AMAM) em Anastácio-MS. **Anais XXII Simpósio de Administração da Produção, Logística e Operações Internacionais**. SIMPOI 2018 FGV, EAESP: São Paulo, 2018.

ECO.A. **Centro de Produção, Pesquisa e Capacitação do Cerrado**. Campo Grande, 2020. Disponível em: <<https://ecoa.org.br/cerrado/ceppec>> Acesso em 21 nov 2020.

FALCÃO, Oskela Karla Reis; PHILIPPI, Daniela Althoff; PORTO, Bruno Matos. Inovação e Sustentabilidade: O caso da castanha de cumbaru do Assentamento Andalucia em Mato grosso do Sul. **Anais do encontro Internacional sobre Gestão Ambiental e Meio Ambiente (XXI ENGEMA)**. USP: São Paulo, 2019.

FILATRO, Andrea. **Design instrucional 4.0**. São Paulo: Saraiva Educação SA, 2019.

GONÇALVES, Rafael; DE CASTRO, Alessandro de Castro; CATAPAM, Anderson; CATAPAM, Dariane Cristina. Uma discussão da sustentabilidade e inovação como variáveis para o crescimento e desenvolvimento econômico sustentável. **Brazilian Journal of Development**, Curitiba, v. 12, n. 1, p. 16-27, 2016.

GIL, Antonio Carlos. **Métodos e técnicas de pesquisa social**. 7. ed. São Paulo: Atlas, 2019.

MARIETTO, Marcio Luiz. Observação participante e não participante: Contextualização Teórica e sugestão de roteiro para aplicação dos. **Revista Ibero-Americana de Estratégia (RIAE)**, v. 17, n. 4. São Paulo, 2018.

MINAYO, Maria Cecília de Souza. **Pesquisa Social**. Teoria, método e criatividade. Petrópolis: Vozes, 2001.

MOREIRA, D. A. Pesquisa em Administração: Origens, uso e variantes do método fenomenológico. **Revista de Administração e Inovação**, São Paulo, v. 1, n. 1, 2004.

OCDE. **Manual de Oslo**: diretrizes para coleta e interpretação de dados sobre inovação. 3 ed. Tradução: Flávia Gouveia. Uma publicação conjunta de OCDE e Eurostat/Financiadora de Estudos e Projetos, 2005.

PEREIRA, João Victor Inácio. Sustentabilidade: diferentes perspectivas, um objetivo comum. **Economia Global e Gestão**, Lisboa, v. 14, n. 1, p. 115-126, 2009.

PINSKY, Vanessa; KRUGLIANSKAS, Isak. Inovação tecnológica para a sustentabilidade: aprendizados de sucessos e fracassos. **Estudos avançados**, São Paulo, v. 31, n. 90, p. 107-126, 2017.

PINSKY, Vanessa Cuzziol et al. Inovação sustentável: uma perspectiva comparada da literatura internacional e nacional. **RAI Revista de Administração e Inovação**, São Paulo, v. 12, n. 3, p. 226-250, 2015.

TIDD, J.; BESSANT, J.; PAVITT, K. **Gestão da inovação**. 3 ed. Porto Alegre: Bookman, 2008.



TIGRE, Paulo Bastos. **Gestão da inovação** uma abordagem estratégica, organizacional e de gestão de conhecimento. 3. ed. Rio de Janeiro: Elsevier, 2019.

SCHERER, Felipe Ost; CARLOMAGNO, Maximiliano Selistre. **Gestão da inovação na prática**: como aplicar conceitos e ferramentas para alavancar a inovação. 2. ed. São Paulo: Editora Atlas, 2016.

YIN, Roberto K. **Estudos de casos: planejamento e métodos**. 2. ed. Porto Alegre: Bookman, 2001.

WALLIMAN, Nicholas. **Métodos de pesquisa**. São Paulo: Saraiva 2014.

VARELLA, Sergio Ramalho Dantas; MEDEIROS, Jefferson BS de; SILVA JUNIOR, Mauro Tomaz. O desenvolvimento da teoria da inovação Schumpeteriana. **XXXII Encontro Nacional de Engenharia de Produção (ENEGEP)**, ABEPRO: Bento Gonçalves, 2012.



CAPÍTULO 3

TRATAMENTO DE EFLUENTES: ESTUDO QUALITATIVO DE LODO ATIVADO

Clebes Iolanda Leodice Alves, Especialista, enfermeira, Prefeitura de Cariacica-ES
Leonice Aparecida de Fátima Alves Pereira Mourad, Doutora, geógrafa, UFSM- RS

RESUMO

O presente artigo apresenta o tratamento de águas residuárias de uma agroindústria avícola de abate e processamento de carnes. Nas diversas etapas que envolve tal atividade, é utilizado um grande volume de água, gerando conseqüentemente, um grande volume de efluente. Esse efluente por conter elevada carga orgânica, é tratado na estação de tratamento de efluentes (ETE) antes de ser devolvido ao corpo hídrico. Apresentamos o resultado da análise microbiológica do lodo ativado, a partir da identificação de protozoários bioindicadores. Essas amostras de lodo apresentam condições que indicam uma boa depuração, não oferecendo riscos à saúde, quando este efluente for lançado nos corpos hídricos, de tal sorte a não provocar agravos na saúde da população que reside no seu entorno ou que é abastecida por essa água. Trata-se de pesquisa de campo, descritiva, de abordagem qualitativa.

PALAVRAS - CHAVE: Águas Residuárias; Qualidade da Água;


INTRODUÇÃO

Os resíduos industriais e domésticos devem ser corretamente tratados com vistas a remoção da maior quantidade possível de poluentes. Isso se faz necessário para mitigar a poluição de corpos hídricos, preservando, assim, o ecossistema envolvido e evitando também possíveis danos à saúde pública.

O tratamento de resíduos de ETE é uma estratégia importante para o controle da qualidade da água. Isso se faz devido a presença frequente de organismos patogênicos, especialmente os protozoários com essas características, nos ambientes aquáticos e as diversas formas de eutrofização dos corpos hídricos.

Os órgãos ambientais desempenham um papel importante na fiscalização dos lançamentos dos efluentes, de acordo com as legislações vigentes, tais como os Decretos N.º 9.016/2017 (Brasil, 2017) e o N.º 10.468/2020 (Brasil, 2020) que regulamentam a inspeção industrial e sanitária de produtos de origem animal.

As indústrias, especificamente as agroindústrias, como os frigoríficos de abate e processamento de carnes, utilizam um grande volume de água. Conseqüentemente, geram



volumes de efluentes igualmente grandes e com elevada carga orgânica, que são tratados nas estações de tratamento de efluentes (ETEs).

Dessa forma, é premente reduzir o consumo de água através de processo de reutilização e garantir a qualidade dos efluentes gerados que serão, posteriormente, lançados nos corpos hídricos.

Denomina-se este processo de gestão ambiental que implica na administração do uso dos recursos ambientais, por meio de ações ou medidas econômicas, investimentos e potenciais institucionais e jurídicos, com a finalidade de manter ou recuperar a qualidade de recursos e desenvolvimento social (CAMPOS, 2002).


A legislação ambiental que regulamenta a matéria tem por objetivo, entre outros, estabelecer parâmetros para as empresas tratarem adequadamente seus efluentes, respeitando o corpo receptor. A Lei nº 6.338, de 31 de agosto de 1981, que institui a Política Nacional do Meio Ambiente (PNMA), e o Decreto nº 99.274, de 6 de junho de 1990, que regulamenta a lei são os principais balizadores dessas regulamentações.

Cabe citar ainda a Portaria nº 1469/2000 do Ministério da Saúde, que trata dos padrões observáveis para a água destinada ao consumo humano, segundo a qual, tais padrões devem estar ausente de qualquer tipo de coliforme. Ainda, cita-se o Decreto nº 30.691/52, que dispõe sobre o Regulamento de inspeção industrial e sanitária de produtos de origem animal – RIISPOA, em seu capítulo I, Artigo 21.

Os tratamentos realizados para obter um efluente em condições para esse lançamento se dividem em etapas, preliminar, primário, secundário, terciário, de acordo com a característica da planta industrial e nelas são realizados procedimentos físicos, químicos e biológicos, dependendo da etapa.

No tratamento preliminar, é realizada retirada de elementos, como galhos, sólidos inertes, graxas, etc, que podem causar problemas operacionais no processo de tratamento. Já no tratamento primário, ocorre a retirada dos sólidos suspensos e da matéria orgânica presente no esgoto. No tratamento secundário ocorre a remoção da matéria orgânica e compostos orgânicos biodegradáveis, sólidos suspensos e nutrientes, como nitrogênio, fósforo ou ambos, estando suspensos ou dissolvidos no efluente. Nessa etapa também ocorre a desinfecção.

No tratamento terciário, ocorre a remoção de sólidos suspensos residuais da etapa anterior, através de sistemas de filtragem. A desinfecção é, também, um componente típico do tratamento terciário, assim como a desinfecção. Por fim, temos o tratamento avançado aplicado



em casos de reuso. Nessa etapa é aplicado para a remoção de materiais, suspensos ou dissolvidos, que permaneceram após tratamento biológico.

No tratamento secundário, cujo objetivo é remover a matéria orgânica, procedimentos biológicos são executados de acordo com a demanda de oxigênio (aeróbios, anaeróbios e facultativos). Dentre o processo aeróbio (com presenças de oxigênio), temos o sistema de lodo ativado.

A análise técnica deste estudo ocorreu durante o mês de abril, quando foram analisadas amostras de lodo ativado de uma indústria frigorífica de aves, localizada em município do oeste do Paraná. Tais análises se deram no Laboratório de Microbiologia da Universidade Tecnológica Federal do Paraná (UTFPR), Campus Medianeira, sob a supervisão e orientação da professora Dra. Marcia Antonia Bartolomeu Agustini.

Teve como objetivo avaliar a qualidade do tratamento de efluente de ETE de indústria frigorífica de aves, do oeste do Paraná, conforme parâmetros microbiológicos, principalmente no que se refere a dominância dos protozoários observados (mais abundante), além de realizar um levantamento bibliográfico da matéria em tela. Constitui-se em uma pesquisa de campo, descritiva, de abordagem qualitativa. Este tipo de pesquisa objetiva descrever, em detalhes, os fatos e fenômenos da realidade estudada, visando obter informações a respeito do que se definiu como problema ou oportunidade a ser investigado (TRIVIÑOS, 2007; GIL, 2008).

MATERIAIS E MÉTODOS

Para determinarmos a melhor destinação do lodo resultante do tratamento de efluentes, precisamos conhecer as características físico-químicas presentes, como por exemplo, o tipo de matéria orgânica, de nutrientes e o grau de toxicidade dos compostos orgânicos. A partir disso, também conseguimos inferir sobre a qualidade desse ambiente.

Para esse estudo, realizamos a coleta e, posterior, análise da qualidade microbiológica de amostras de lodo ativado, colhidas em ETE de frigorífico agroindustrial de processamento de aves de município do oeste paranaense.

Essa Unidade Industrial de Aves (UIA), faz parte da terceira maior cooperativa do estado do Paraná, com unidades presentes também no estado de Santa Catarina e Mato Grosso do Sul. São quatro unidades de aves, que juntas totalizaram, em 2020, a marca de 179.881.682 cabeças de ave para abate, conforme Relatório e Balanço 2020 - Visão Global e Estratégica (2020).

Acerca dos sistemas de lodos ativados, Bento et al (2005) mencionam que

Os sistemas de tratamento de esgotos por lodos ativados são os mais amplamente empregados no mundo todo, principalmente pela alta eficiência alcançada associada à pequena área de implantação requerida, quando comparado a outros sistemas de tratamento. (BENTO et al., 2005, p. 330)

Sobre esse processo de aglutinação em flocos de bactérias, fungos, protozoários e outros animais; e como é obtido, Orssatto (201-) menciona que "A biomassa consegue ser facilmente separada no decantador secundário devido à sua propriedade de flocular."

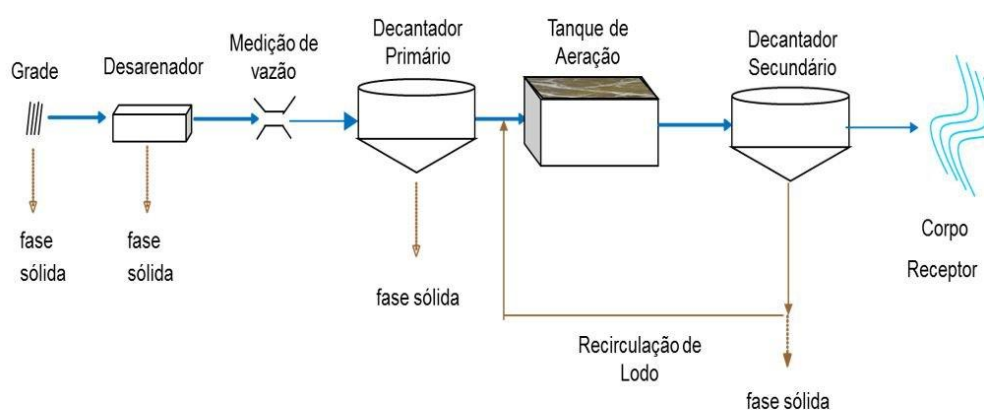
Segundo Freddo (2014),

Este lodo é concentrador de diversos compostos e elementos que podem oferecer risco à saúde da população e ao meio ambiente caso não sejam controlados e monitorados de forma adequada. Assim, suas características são fundamentais para a definição da melhor forma de disposição final sem expor a saúde populacional e o meio ambiente. (FREDDO, 2014, p. 16-17)

De encontro a isso, Von Sperling (2016) refere que "Lodo ativado é um sistema muito utilizado no tratamento de águas residuárias domésticas e industriais [...]." (VON SPERLING, 2016, p. 11)

Abaixo, podemos verificar o esquema ilustrativo de funcionamento de um sistema de lodos ativados do tipo convencional. A diferença entre esse sistema e o de aeração prolongada é a não presença do decantador primário, pois, como não há a necessidade de se estabilizar o lodo biológico excedente, não há a necessidade de estabilização adicional do lodo, por processos anaeróbios ou aeróbios.


Figura 1 - Esquema ilustrativo de um sistema de lodos ativados



Fonte: Lervolino, 2019.

Sobre como se dá esse sistema, Lervolino (2019) refere que

O processo biológico que ocorre dentro do tanque é todo aeróbio. No tanque, a aeração tem por finalidade proporcionar oxigênio aos microrganismos (biomassa) e evitar a deposição dos flocos bacterianos, a fim de misturá-los homogeneamente com o



efluente. O oxigênio pode ser introduzido por meio de um sistema de aeração mecânica, por ar comprimido, ou ainda pela introdução de oxigênio puro. (LERVOLINO, 2019)

O lodo é caracterizado por grande quantidade de microrganismos, que podem ser animais, protozoários, fungos ou bactérias. Sobre a importância de estudos sobre o lodo ativado, Bento et al. (2005) afirma que “O diagnóstico obtido pela microscopia do lodo ativado é utilizado para alterar as características operacionais do sistema, tais como a idade do lodo e a concentração de oxigênio dissolvido no reator”. (BENTO et al. 2005, p. 331).

Dentre os métodos representativos utilizados para enumerar e identificar microrganismos e para acessar o desempenho de diversos processos de tratamento, utilizamos a microscopia óptica, que “[...] inclui tipos de transmissão e por varredura, sendo capazes de ampliação de aproximadamente 10.000.000 vezes. Entretanto, o processo de obter imagens com microscópios eletrônicos pode ser muito caro e demandar muito tempo.” (METCALF; EDDY, 2016, p. 142)

Para determinar a qualidade das amostras supracitadas, no laboratório de Microbiologia da UTFPR, Campus Medianeira, PR, foram pipetadas gotas dessas amostras de lodo no conjunto lâminas/lamínulas e em seguida visualizadas em microscópio óptico.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Essa análise resultou na identificação de protozoários, entre eles do tipo amebóides (em forma de ameba) - gênero *Arcella* sp; do tipo ciliados (que possuem cílios para locomoção e para alimentação) - gênero *Euplotes* sp.; gênero *Paramecium* sp. e do tipo pedunculados - gênero *Opercularia* sp; gênero *Vorticella* sp. Nesse lodo, houve a dominância de protozoários pedunculados ciliados e livres.

A seguir, nas figuras 2 (a), (b) e (c), podemos ver as imagens captadas via observação pelo microscópio.



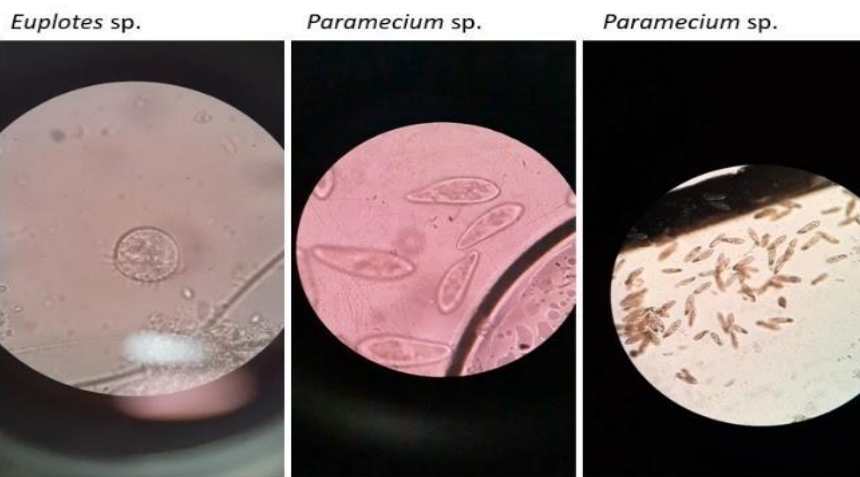
Figura 2 (a) - Protozoários presentes em lodo de efluente – *Arcella* sp



Arcella sp.

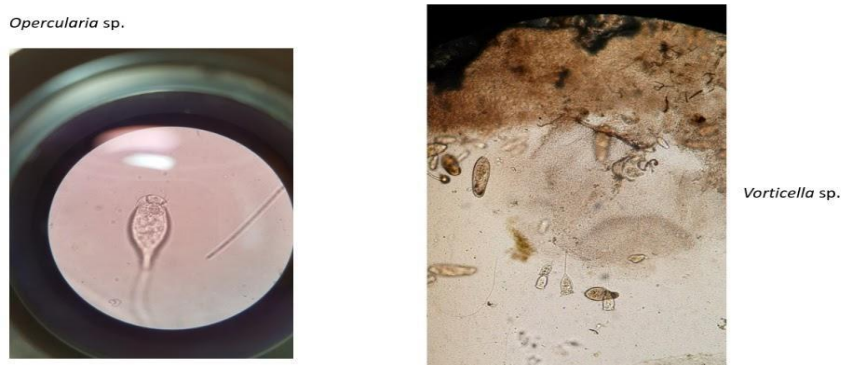
Fonte: Agustini, 2021.

Figura 2 (b) - Protozoários presentes em lodo de efluente – *Euplotes* sp.; gênero *Paramecium* sp., *Opercularia* sp; *Vorticella* sp



Fonte: Agustini, 2021.

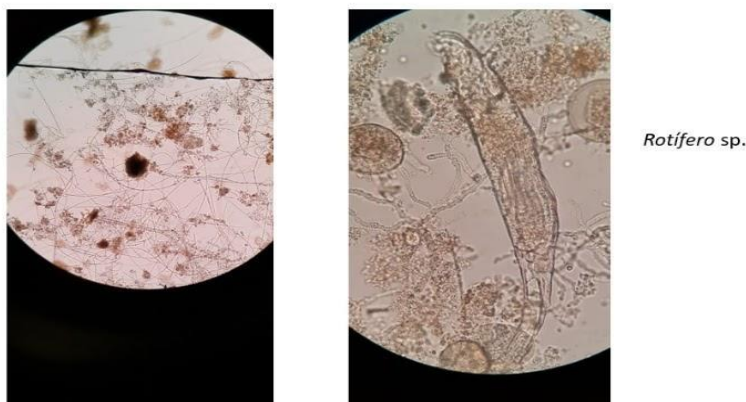
Figura 2 (c) - Protozoários presentes em lodo de efluente – *Opercularia* sp e *Vorticella* sp.



Fonte: Agustini, 2021.

Além dos protozoários supracitados, foram encontrados metazoários¹ do gênero *Rotifero* sp, conforme figura abaixo.

Figura 3 - Metazoário presente em lodo de efluente



Fonte: Agustini, 2021.

Também foi possível observar a presença de bactérias do tipo zoogléa, que são responsáveis pela formação dos flocos.

Os organismos responsáveis pela purificação e estruturação dos flocos são as bactérias. Porém, são os protozoários e os micrometazoários que desempenham importante papel no equilíbrio bacteriano, na remoção de *E. coli* e na redução do DBO5. (BENTO et al., 2005, p. 330).


Bento et al. (2005) ainda complementa que

Por serem extremamente sensíveis às alterações no processo, os componentes da microfauna alternam-se no sistema em resposta às mudanças nas condições físico-químicas e ambientais. Desse modo, a composição da microfauna do lodo ativado revela tendências do processo, quanto a eficiência da remoção da demanda bioquímica de oxigênio – DBO5; a eficiência da remoção de sólidos suspensos - SS; as condições de sedimentação do lodo; o nível de aeração empregado no sistema; a presença de compostos tóxicos, tais como metais pesados e amônia; além de poder indicar a ocorrência de sobrecargas orgânicas e de nitrificação. (BENTO et al., 2005, p. 330).

Em concordância com a ideia expressa acima, Moeller e Ortiz (2004) reforçam a ideia de que protozoários são

[...] microorganismos eucariotes unicelulares de 10 a 100 micras de longitud que se reproducen por fisión binaria. Algunos se encuentran libres en la naturaleza, mientras que otros son parásitos, viviendo dentro o fuera de un organismo. Los huéspedes

¹ Animais microscópicos que se caracterizam por serem organismos multicelulares heterótrofos, que ingerem o seu alimento, apresentando um desenvolvimento embrionário típico após a fecundação do zigoto, no mínimo com os estágios de mórula e blástula. Disponível em: <http://botanicaonline.com.br/geral/arquivos/Texto%20Base%20Aula%2017.pdf>.



varían de organismos primitivos como las algas a organismos complejos, incluyendo al ser humano. La mayoría son heterótrofos aerobios o facultativos. Su fuente principal de alimento son las bacterias que además de alimento les suministran otros factores necesarios para su crecimiento que ellos mismos no pueden sintetizar. Los protozoarios juegan un papel importante en los procesos biológicos de tratamiento de aguas residuales. (MOELLER, ORTIZ, 2004, p. 175)

CONSIDERAÇÕES FINAIS

Ao final desse trabalho apresentamos os resultados da análise da amostra do efluente, bem como considerações sobre a importância do processo de tratamento de efluentes, que demandam tratamento para minimizar os impactos de seus descartes à saúde ambiental.


De acordo com as condições microscópica resultantes da análise das amostras do efluente, onde:

- Há dominância de protozoários ciliados livres e pedunculares;
- Sabendo que esses protozoários são importantes nos processos biológicos e na detecção de compostos tóxicos;
- Que os protozoários ciliados pedunculados e livres indicam boas condições de depuração da matéria orgânica;
- Não tem relação com a ocorrência de nitrificação (diferentemente dos protozoários ciliados fixos) e
- A presença das amebas pode indicar um lodo jovem;

Podemos inferir que as condições imediatas do ambiente representado pelas amostras coletas em efluente de ETE de frigorífico de aves, apresenta condições que indicam uma boa depuração, e, possivelmente, se trata de um lodo jovem, com características de início de operação.

No que tange as interfaces entre o tratamento de efluentes e a questão ambiental podemos referir que, como exposto, na indústria frigorífica, a água tem grande importância, principalmente devido às exigências sanitárias e aos seus vários usos ao longo dos processos, sendo de suma importância um tratamento adequado que minimize o impacto do descarte da mesma nos corpos hídricos, visto que os impactos ambientais tornam-se cada vez mais críticos e frequentes precisando ser mitigados.

Para tanto é importante que os frigoríficos façam um adequado manejo ambiental dos seus resíduos e consigam implantar alternativas de produção sustentável, adequando o processo industrial às condições e legislações ambientais que regulamentam a matéria. Agindo desta



forma, além de garantir o equilíbrio ambiental, as empresas também acabam por agregar valor ao seu produto.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

BENTO, Alessandra Pellizzaro et al. Caracterização da microfauna em estação de tratamento de esgotos do tipo lodos ativados: um instrumento de avaliação e controle do processo. **Engenharia Sanitária e Ambiental (ESA)**. V. 10, n. 4. a. 09, p. 329-338, out/dez. 2005. Associação Brasileira de Engenharia Sanitária: Rio de Janeiro. Disponível em: <https://www.scielo.br/pdf/esa/v10n4/a09v10n4.pdf>. Acesso em 20 Abr. 2021.

BRASIL. DECRETO Nº 30.691, de 29 de março de 1952 (Revogado pelo Decreto nº 9.013, de 29/3/2017) Aprova o novo Regulamento da Inspeção Industrial e Sanitária de Produtos de Origem Animal. Acesso em: 25 abr. 2021.

BRASIL. Lei Federal no 6.938, de 31 de Agosto de 1981, disponível em: <http://www.mma.gov.br/port/conama/legiabre.cfm?codlegi=313> Acesso em: 25 abr. 2021.

BRASIL. Decreto no 99.274, de 6 de junho de 1990, disponível em: <http://www.mma.gov.br/port/conama/legiabre.cfm?codlegi=328> Acesso em: 25 abr. 2021.

BRASIL. Fundação Nacional de Saúde. Portaria no 1.469/2000, de 29 de dezembro de 2000: aprova o controle e vigilância da qualidade da água para consumo humano e seu padrão de potabilidade. Brasília: Fundação Nacional de Saúde, 2001.


BRASIL. Decreto Nº 9.013, de 29 de março de 2017. Regulamenta a Lei nº 1.283, de 18 de dezembro de 1950, e a Lei nº 7.889, de 23 de novembro de 1989, que dispõem sobre a inspeção industrial e sanitária de produtos de origem animal. **DOU**. Brasília, 2017. Disponível em: https://www.in.gov.br/materia/-/asset_publisher/Kujrw0TZC2Mb/content/id/20134722/do1-2017-03-30-decreto-n-9-013-de-29-de-marco-de-2017-20134698. Acesso em 21 Abr. 2021.

BRASIL. Decreto Nº 10.468, de 18 de agosto de 2020. Altera o Decreto nº 9.013, de 29 de março de 2017, que regulamenta a Lei nº 1.283, de 18 de dezembro de 1950, e a Lei nº 7.889, de 23 de novembro de 1989, que dispõem sobre o regulamento da inspeção industrial e sanitária de produtos de origem animal. **DOU**. Brasília, 2020. Disponível em: <https://www.in.gov.br/en/web/dou/-/decreto-n-10.468-de-18-de-agosto-de-2020-272981604>. Acesso em 21 Abr. 2021.

CAMPOS, L. M. S. (2002), Auditoria Ambiental, UFSC, Cascavel.

FREDDO, Alessandra. **Caracterização físico-química de lodo proveniente de duas estações de tratamento de esgoto da região oeste do Paraná**. 2014. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação). Universidade Tecnológica Federal do Paraná, UTFPR. Medianeira, PR. 2014. Disponível em: http://repositorio.roca.utfpr.edu.br/jspui/bitstream/1/4475/1/MD_COEAM_2014_2_01.pdf. Acesso em 21 Abr. 2021.

GIL, A. C. (2008), Como elaborar projetos de pesquisa, 5 ed., Atlas, São Paulo.



LERVOLINO, Luiz Fernando. Sistema de lodos ativados. **Portal Tratamento de Água**. São Paulo, março 2019. Disponível em: <https://tratamentodeagua.com.br/artigo/sistema-lodos-ativados/>. Acesso em 21 Abr. 2021.

METCALF, Leonard; EDDY, Harrison P. **Tratamento de efluentes e recuperação de recursos**. Tradução: Ivanildo Hespagnol, José Carlos Mierzwa. 5. ed. Porto Alegre: AMGH, 2016.

MOELLER, Gabriela; ORTIZ, Ana Cecília Tomasini. **Microbiología de lodos activados**. Disponível em: <http://documentacion.ideam.gov.co/openbiblio/bvirtual/018834/MEMORIAS2004/CapituloII/5Microbiologiadelodosactivados.pdf>. Acesso em 21 Abr. 2021.

ORSSATTO, Fábio. **Lodos ativados**. 201-. 14 slides. Disponível em: <file:///home/chronos/u-1fb5afdc41f2138d854d4f9c140b9867d0359d9e/MyFiles/Downloads/Lodos%20ativados.pdf>. Acesso em 21 Abr. 2021.

RELATÓRIO e balanço 2020 - visão global e estratégica. Lar Cooperativa Industrial. Disponível em: <file:///home/chronos/u-1fb5afdc41f2138d854d4f9c140b9867d0359d9e/MyFiles/Downloads/Relatorio-e-Balanco-2020.pdf>. Acesso em 21 Abr. 2021.

TRIVIÑOS, A. N. S. (2007), Introdução à pesquisa em ciências sociais: a pesquisa qualitativa em educação, 1 ed., Atlas, São Paulo.

VON SPERLING, Marcos. **Lodos ativados**. 4. ed. Revisada e ampliada. Belo Horizonte: Editora UFMG, 2016. Disponível em: https://www.digitalwater.com.br/wp-content/uploads/2020/03/conteudo_livro_LODOS_ATIVADOS.pdf. Acesso em 19 Abr. 2021.



CAPÍTULO 4

APLICAÇÃO DA ANÁLISE ENVOLTÓRIA DE DADOS PARA ANALISAR A EFICIÊNCIA DO SETOR DE ENERGIA EÓLICA DOS ESTADOS PRODUTORES ENTRE OS ANOS DE 2015 A 2019

Marcus Vinícius Sousa Rodrigues, Doutor em Engenharia Civil, área de concentração em Recursos Hídricos. Professor do Magistério Superior, UFERSA

Marisete Dantas de Aquino, Doutora em Meio Ambiente Recursos Hídricos. Professora do Magistério Superior, UFC

Antônio Clécio Fontelles Thomaz, Doutor em Engenharia de Sistemas e Computação. Professor do Magistério Superior, UECE

RESUMO


A energia eólica é a energia cinética contida nas correntes de ar que circulam a atmosfera, devido ao seu aquecimento desigual ao redor do planeta Terra. Atualmente, o uso da energia eólica para a geração de energia elétrica, tanto residencial como nos grandes parques eólicos ou complexos eólicos, já é uma realidade no Brasil. A análise da eficiência do setor de energia eólica requer a aplicação de uma metodologia de análise multicritério. A ferramenta multicritério adotada na pesquisa é a análise por envoltória de dados. O objetivo principal deste trabalho consiste em analisar a eficiência relativa da produção de energia eólica nos principais estados brasileiros produtores desta fonte de energia, durante o período entre os anos de 2015 a 2019, por meio da aplicação da análise envoltória de dados. Das 58 (cinquenta e oito) unidades avaliadas um total de 9 (nove) unidades foram classificadas como eficientes, as chamadas *benchmarks*, servindo assim de modelo para as demais unidades que foram classificadas com ineficientes. O conjunto analisado representou o setor de energia eólica dos estados brasileiros produtores desta fonte de energia, durante os anos de 2015 a 2017. O conjunto todo apresentou uma eficiência média global igual 0,772099 e ao todo cerca de 57% das unidades avaliadas obtiveram uma eficiência relativa acima dessa média global.

PALAVRAS-CHAVE: Geração eólica, DEA, desempenho relativo, matriz eólica.

1 INTRODUÇÃO

A energia eólica é a energia cinética contida nas correntes de ar que circulam a atmosfera, devido ao seu aquecimento desigual ao redor do planeta Terra. Para Magalhães et al. (2019), energia eólica pode ser considerada como fonte de geração de energia limpa e renovável.

Inicialmente, a energia eólica foi utilizada por meio dos antigos moinhos de ventos para a realização de trabalho mecânico, como na drenagem de água e na moagem de grãos. Conforme Castro, Souza e Castro (2019), somente no século XIX, a energia eólica passou a ser usada na conversão em corrente elétrica.



Conforme Hamdan et al. (2014), a aplicação da energia eólica para geração de eletricidade só teve um forte desenvolvimento a partir dos anos 1970 com a crise do petróleo. Na atualidade, pode-se afirmar que a energia eólica vem sendo utilizada quase que exclusivamente para a geração de energia elétrica.

Atualmente o uso da energia eólica para a geração de energia elétrica, tanto residencial como nos grandes parques eólicos ou complexos eólicos, já é uma realidade no Brasil, entretanto, segundo Rodrigues, Aquino e Thomaz (2015) torna-se necessário políticas para incentivar uma maior participação dessa fonte na matriz energética brasileira.


A energia eólica tem um papel positivo e fundamental em relação às mudanças climáticas e à segurança energética, sendo uma alternativa tecnológica que visa minimizar os impactos das atividades econômicas na natureza (LIMA; SANTOS; MOIZINHO, 2018). Dessa forma conforme Silva, Alves e Ramalho (2018), buscar melhorar a eficiência energética no uso de recursos renováveis vem sendo ressaltadas em avaliações sobre o desenvolvimento sustentável.

A técnica para converter energia eólica em energia mecânica é bastante simples, basta que se tenha potencial eólico e que se resista aos caprichos da natureza (RODRIGUES; AQUINO; THOMAZ, 2015). O equipamento que converte energia eólica em energia elétrica, que se distribui nas redes de energia elétrica, é a turbina eólica, também chamada de aerogerador ou ainda de turbina de vento. Ao conjunto de turbinas eólicas instaladas em uma mesma área e ligadas a uma rede de transmissão eólica, dar-se o nome de parque eólico.

É possível afirmar que múltiplos são os critérios a serem usados para analisar a eficiência (ou desempenho) no setor de geração de energia eólica. Porém, uma análise como essa requer uma metodologia científica denominada de análise multicritério ou análise multicriterial. A ferramenta multicritério adotada nesta pesquisa será a análise envoltória de dados – AED, também comumente conhecida por DEA (sigla em inglês de *Data Envelopment Analysis*).

A ferramenta de AED pode ser usada para avaliar um conjunto de unidades, comumente chamadas de unidade tomadora de decisão – UTD, também chamada de DMU (sigla em inglês de *Decision Making Unit*), de modo a classificá-las conforme o valor de suas performances (representada pela medida da eficiência relativa).

O objetivo principal deste trabalho consiste em analisar a eficiência relativa da produção de energia eólica nos principais estados brasileiros produtores desta fonte de energia, durante o



período entre os anos de 2015 a 2019, por meio da aplicação da ferramenta de análise multicritério da análise envoltória de dados.

2 MATERIAL E MÉTODOS

Nesta seção será feita uma breve descrição da ferramenta matemática da análise envoltória de dados, descrevendo o modelo matemático clássico a ser adotado nesta pesquisa. Em seguida, será feita uma descrição da metodologia adotada neste trabalho, descrevendo o conjunto de unidades a serem avaliadas, UTDs, e as variáveis, de insumo e de produto, usadas para medir a eficiência relativa do conjunto proposto.

2.1 ANÁLISE ENVOLTÓRIA DE DADOS

A Análise Envoltória de Dados – AED é uma técnica de programação matemática que possibilita a avaliação do grau de eficiência de um conjunto de unidades semelhantes (ou seja, que apresentam os mesmos insumos e produtos). Conforme Banker (1993), na AED são considerados os recursos que se dispõe com os produtos alcançados.

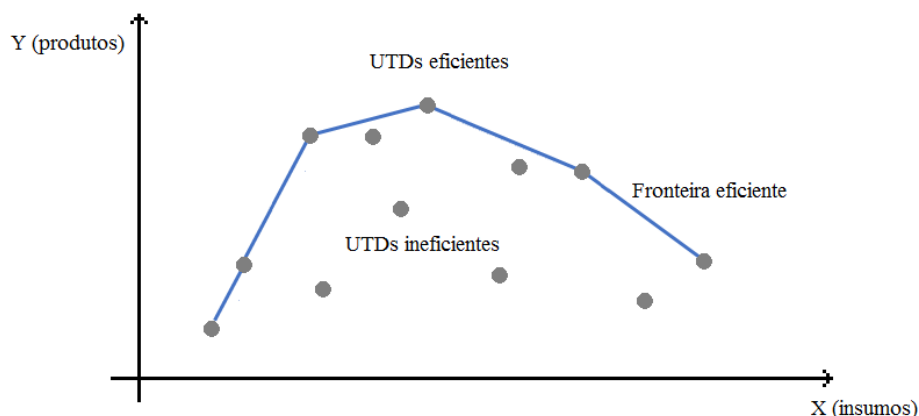
De acordo com Barbosa e Bastos (2014), a técnica permite o cálculo da eficiência comparativa de um conjunto de UTDs, demonstrando desse modo como uma unidade opera em relação às demais do conjunto. Dessa forma é possível obter um diagnóstico completo de todo o conjunto. De acordo com Qingxian, Yan e Liang (2016), a aplicação dessa metodologia torna possível identificar ineficiências no uso de recursos em um sistema de produção.

Conforme Cherchye, De Rock e Walheer (2016), a AED pode ser considerada uma técnica não paramétrica, uma vez que não exige uma relação funcional entre os insumos e os produtos. Segundo Lourenço, Ferreira e Sugahara (2020), o cálculo da eficiência é dado pela razão entre a soma ponderada dos produtos e a soma ponderada dos insumos.

Segundo Park et al. (2015) a AED é usada para construir uma fronteira linear por partes, chamada de fronteira eficiente, cujos vértices são formados pelas unidades eficientes. Conforme Rodrigues et al. (2017), a construção dessa fronteira usa os fatores de insumo e de produto de cada UTD analisada, apresentando uma medida de eficiência relativa para cada unidade do conjunto.

Na Figura 2 tem-se ilustrada a fronteira eficiente de um conjunto de UTD em que é possível identificar as unidades eficientes, na fronteira, e as unidades não eficientes (ditas ineficientes), que se situam abaixo desta fronteira. Para Singh, Mittal e Upadhyay (2014), as unidades com as melhores práticas estão situadas na fronteira eficiente.

Figura 1 – Fronteira eficiente



Fonte: Autoria própria, 2021.

É importante ressaltar que as medidas de eficiência são medidas relativas, as quais dependem do modelo AED empregado, sendo determinada por três componentes: a superfície envoltória, a orientação e os pesos das variáveis. Uma grande vantagem desta ferramenta é que o próprio modelo é capaz de definir os pesos das insumos e produtos de cada UTD analisada.

As unidades tidas como eficientes, denominadas *benchmarks*, servem como referência para as unidades ineficientes, de modo que essas unidades melhorem suas performances e atinjam a fronteira eficiente (RODRIGUES; AQUINO; THOMAZ, 2017). Ou seja, conforme Ramos et al. (2020), os modelos de AED identificam para cada unidade ineficiente um conjunto de benchmarks que serão usada como referência na obtenção da eficiência.

Dessa forma, são estabelecidas metas a serem alcançadas por cada UTD ineficiente com o objetivo de melhorarem suas performances. Logo, as unidades que se apresentam abaixo da fronteira de eficiência, tidas como ineficientes, devem ser projetadas em direção à fronteira eficiente, alcançado assim as suas parceiras eficientes.

Existem duas formas básicas de uma unidade ineficiente tornar-se eficiente. A primeira consiste em reduzir os insumos, mantendo constantes os produtos, sendo chamada de “orientação a insumo”, enquanto a segunda forma, consiste em aumentar os produtos, mantendo constantes os insumos, sendo chamada de “orientação a produto” (AZEVEDO; LEITE; ANDRADE, 2019).

Pode-se afirmar que o principal objetivo na orientação a insumo é o ganho de eficiência por meio da redução do excesso de consumo de insumos, mantendo a produção constante. Enquanto, na orientação a produto, o principal objetivo é o ganho de eficiência por meio do aumento da produção mantendo-se constante o consumo de insumos.

Existem dois modelos clássicos de AED: o modelo CCR (também conhecido como CRS, da sigla em inglês *Constant Return to Scale*), que admite retornos de escala constante, e o modelo BCC (também conhecido como VRS, da sigla em inglês de *Variable Return to Scale*), que admite retornos variáveis de escala. É importante destacar que o cálculo da eficiência desses modelos clássicos pode usar tanto uma orientação a insumo como um orientação a produto.

A metodologia AED teve início com o trabalho publicado por Charnes; Cooper e Rhodes (1978), cujo objetivo consistia em analisar eficiência de programas escolares no Estado do Texas – USA. Este modelo ficou conhecido como CCR (as iniciais dos autores deste trabalho). Este modelo trabalha com retornos constantes de escala e foi desenvolvido originalmente com uma orientação a insumo. A eficiência é determinada por meio da otimização da razão entre a soma ponderada dos produtos e a soma ponderada dos insumos.

O outro modelo clássico foi desenvolvido posteriormente por Banker, Charnes e Cooper (1984), onde os retornos de escala são considerados variáveis, sendo conhecido como modelo BCC em homenagem aos autores. Conforme Rodrigues, Aquino e Thomaz (2017), ao adotar tecnologias com retornos variáveis de escala, o modelo resulta em uma fronteira gerada por combinações convexas das unidades eficientes.

Suponha que existam n unidades semelhantes entre si, utilizando m insumos e s produtos. Assim, em um modelo BCC, com orientação a insumo, os pesos dos insumos e dos produtos de uma unidade objeto, UTD_o , são determinados através da resolução do seguinte problema de programação matemática.

$$\max E_{fo} = \sum_{i=1}^s U_i Y_{io} + U_* \quad (1)$$

Sujeito a:

$$\sum_{j=1}^m V_j X_{jo} = 1$$

$$\sum_{i=1}^s U_i Y_{ik} - \sum_{j=1}^m V_j X_{jk} + U_* \leq 0, \quad (k = 1, \dots, n) \quad (2)$$

$$U_i \geq 0 \ (i = 1, \dots, s); \ V_j \geq 0 \ (j = 1, \dots, m); \ U_* \in \mathbb{R}$$

onde: E_{fO} é a eficiência relativa da UTD_O; Y_{ik} e X_{ij} são as quantidades de produto observado i da unidade k e de insumo observado j da unidade k , respectivamente; U_i e V_j são os pesos dados ao produto i e ao insumo j , respectivamente; e, Y_{iO} e X_{iO} são as quantidades do produto i e do insumo j da unidade objeto, respectivamente; e U_* é uma variável livre adicionada para garantir um retorno variável para o modelo.

Logo, se a variável livre U_* for positiva, então, o modelo apresenta rendimentos de escala não decrescente (RND), enquanto se a variável for negativa, o modelo se apresenta com rendimentos de escala não crescente (RNC).

Em seguida, tem-se modelagem AED dos multiplicadores para o modelo BCC, orientado a produto, que é dada da seguinte forma

$$\min h_O = \sum_{j=1}^m V_j X_{jO} + V_* \quad (3)$$

Sujeito a:

$$\sum_{i=1}^s U_i Y_{iO} = 1$$


$$\sum_{i=1}^s U_i Y_{ik} - \sum_{j=1}^m V_j X_{jk} + V_* \leq 0, \quad (k = 1, \dots, n) \quad (4)$$

$$U_i \geq 0 \quad (i = 1, \dots, s); \quad V_j \geq 0 \quad (j = 1, \dots, m); \quad V_* \in \mathbb{R}$$

em que: V_* é uma variável livre adicionada para garantir um retorno variável para o modelo.

Assim, se a variável livre V_* for positiva, então, o modelo apresenta rendimentos de escala não crescente (RNC), enquanto se esta variável for negativa, o modelo se apresenta com rendimentos de escala não decrescente (RND).

É importante enfatizar que nas modelagens AED-BCC, tanto com orientação a insumo como com orientação a produto, as incógnitas de decisão são os pesos U_i e V_j . Assim, pode-se afirmar que o conjunto dos pesos encontrados para cada UTD analisada deve ser tal que a medida da eficiência seja máxima.



De acordo com Gomes, Soares de Mello e Freitas (2012), o modelo multiplicador, descritos pelas equações (1), (2), (3) e (4), trata da relação das somas ponderadas de produtos e insumos com os pesos escolhidos de modo a se tornar mais favorável a cada UTD analisada.

2.2 METODOLOGIA

A aplicação da ferramenta de análise envoltória de dados nesta pesquisa, que objetiva analisar o desempenho da geração de energia eólica nos estados brasileiros produtores durante o período entre os anos de 2015 e 2019, será composta basicamente dos seguintes estágios a serem desenvolvidos:

1. Seleção e definição das UTDs a serem avaliadas.
2. Definição dos insumos e produtos (variáveis de avaliação).
3. Seleção do modelo AED na análise da eficiência do conjunto de UTDs.
4. Aplicação do modelo AED por meio da ferramenta SIAD.
5. Análise e interpretação dos resultados obtidos.

Nesta seção será descrita a metodologia da pesquisa por meio da descrição das unidades tomadoras de decisão e das variáveis avaliativas, tanto de insumo como de produto, que serão usadas para realizar os cálculos das medidas de eficiência.

UNIDADES TOMADORAS DE DECISÃO – UTDS

Atualmente, o Brasil apresenta 12 (doze) estados produtores de energia eólica, com parques eólicos em operação gerando energia elétrica em seus territórios, a saber: Bahia, Ceará, Maranhão, Paraíba, Paraná, Pernambuco, Piauí, Rio de Janeiro, Rio Grande do Norte, Rio Grande do Sul, Santa Catarina e Sergipe.

Segundo ABEEÓLICA (2021), o Brasil apresenta atualmente uma potência instalada (capacidade instalada) de 18,0 GW distribuída em 695 parques eólicos em operação, sendo a maioria instalados no litoral nordestino. Dos 5 (cinco) maiores produtores de energia eólica, que são Rio Grande do Norte (5.154,2 MW), Bahia (4.879,5 MW), Piauí (2.275,9 MW), Ceará (2.179,3 MW) e Rio Grande do Sul (1.835,9 MW), apenas o Rio Grande do Sul, ocupando a quinta posição, não se encontra na Região Nordeste.

Este fato mostra a força dos ventos nordestino, ou seja, o estados nordestinos juntos (excetuando Alagoas, que não possui parques eólicos em operação) representam cerca de 88,3%

de toda a capacidade instalada no país, com 599 parques em operação, a grande maioria localizados no litoral nordestino.

Dessa forma, as UTDs desta pesquisa serão representadas pelo setor de geração de energia eólica dos 12 (dozes) estados brasileiros que possuem parques eólicos convertendo energia eólica em energia elétrica durante os anos 2015, 2016, 2017, 2018 e 2019. Então, no Quadro 1 estão listadas todas as UTDs a serem avaliadas nesta pesquisa, um total de 58 (cinquenta e oito) UTDs.

Quadro 1 – Conjunto de UTDs analisadas na pesquisa

Unidade Tomado de Decisão – UTD					
RN (2015)	PR (2015)	RJ (2016)	PB (2017)	MA (2018)	PI (2019)
BA (2015)	RN (2016)	PR (2016)	SE (2017)	SC (2018)	PE (2019)
CE (2015)	BA (2016)	RN (2017)	RJ (2017)	PB (2018)	MA (2019)
RS (2015)	CE (2016)	BA (2017)	PR (2017)	SE (2018)	SC (2019)
PI (2015)	RS (2016)	CE (2017)	RN (2018)	RJ (2018)	PB (2019)
PE (2015)	PI (2016)	RS (2017)	BA (2018)	PR (2018)	SE (2019)
SC (2015)	PE (2016)	PI (2017)	CE (2018)	RN (2019)	RJ (2019)
PB (2015)	SC (2016)	PE (2017)	RS (2018)	BA (2019)	PR (2019)
SE (2015)	PB (2016)	MA (2017)	PI (2018)	CE (2019)	
RJ (2015)	SE (2016)	SC (2017)	PE (2018)	RS (2019)	

Fonte: Autoria própria, 2021.

Assim, cada UTD identificada no Quadro 1 representa um ano específico (entre 2015 e 2019) da energia eólica produzida em grande porte nos parques eólico de cada um dos estados produtores dessa fonte de energia renovável. É importante destacar que o Estado do Maranhão só passa a ter parque eólico em operação comercial gerando energia elétrica a partir do ano de 2017, por isso o estado só apresentam 3 (três) unidades.

VARIÁVEIS DE AVALIAÇÃO (INSUMOS E PRODUTOS)

As variáveis (ou fatores) que serão usadas para a análise da eficiência das UTDs descritas no Quadro 1 estão relacionadas diretamente a produção de energia eólica nos estados brasileiros produtores desta fonte durante o período entre os anos 2015 e 2019.

Assim, no Quadro 2 são apresentadas as variáveis, de insumo e de produtos, selecionadas para serem usadas no cálculo das medidas das eficiências relativas das UTDs desta pesquisa.

Quadro 2 – Variáveis de avaliação usadas na pesquisa

Insumos	Produtos
PIN – Potência instalada durante o ano, em MW	GEM – Geração eólica média, em MW/mês
NPE – Número de parques eólicos operando ao ano	FCM – Fator de capacidade médio, em %/mês

Fonte: Autoria própria, 2021.

Logo, conforme o Quadro 2 serão ao todo 4 (quatro) variáveis avaliativas, sendo 2 (dois) insumos, potência instalada e o número de parques eólicos em operação, e 2 (dois) produtos, a geração eólica média anual e o fator de capacidade anual médio.

O insumo PIN é potência instalada, em MW, durante o ano, e se refere a capacidade instalada nos parques eólicos em operação comercial ao final do respectivo ano de cada UTD. Enquanto o insumo NPE é o número de parques eólicos em operação ao final do respectivo ano em cada UTD.

O produto GEM é a geração de energia eólica média mensal ao longo de cada ano de uma UTD. Representa em média o quando de potência elétrica é gerada nos parques eólicos durante o ano. Já o produto FCM é o fator de capacidade médio mensal de cada ano de uma UTD. “O fator de capacidade da fonte eólica representa a proporção entre a geração efetiva da usina em um intervalo de tempo e a capacidade total no mesmo íterim (ABEEÓLICA, 2019)”.

3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Uma vez que os dados dos insumos e dos produtos apresentam a característica de possuírem tamanhos variados, implicando que elas tendem a ter rendimentos de escalas variáveis, o método AED, selecionado para medir as eficiências, será o modelo BCC (retornos de escala variáveis), com orientação a produto, dados pelas equações (3) e (4).

Todos os cálculos das eficiências relativas das UTDs foram realizados com auxílio da ferramenta computacional SIAD (Sistema Integrado de Apoio à Decisão), descrito em Ângulo Meza et al. (2005).

Dessa forma, na Tabela 1 são apresentadas as medidas de eficiência convencional de cada UTD, descrita no Quadro 1, além dos valores dos seus insumos e produtos definidos na metodologia. Vale salientar que esses dados, dos insumos e dos produtos, foram obtidos junto a Associação Brasileira de Energia Eólica – ABEEÓLICA. Conforme os dados apresentados, percebe-se que foram identificadas 9 (nove) UTDs consideradas eficientes (*benchmarks*), a saber:

- MA (2017), que representa o setor eólico do Maranhão no ano de 2017;
- RJ (2017), que representa o setor eólico do Rio de Janeiro no ano de 2017;
- SE (2018), que representa o setor eólico no Estado de Sergipe no ano de 2018;
- PI (2019), que representa o setor eólico do Piauí no ano de 2019;
- PR (2017), que representa o setor eólico do Paraná no ano de 2017;
- PR (2015), que representa o setor eólico do Paraná no ano de 2015;
- PR (2016), que representa o setor eólico do Paraná no ano de 2016;
- PR (2019), que representa o setor eólico do Paraná no ano de 2019; e,
- BA (2019), que representa o setor eólico da Bahia no ano de 2015.

Tabela 1 – Medida da eficiência e os dados de insumos e produtos para cada UTD

Rank	UTD	PIN (MW)	NPE	GEM (MW/mês)	FCM (%/mês)	Ef _{rel}
1°	MA (2017)	220,8	8	125,5	68,0	1,000000
2°	RJ (2017)	28,1	1	8,8	31,5	1,000000
3°	SE (2018)	34,5	1	9,1	26,4	1,000000
4°	PI (2019)	1.638,1	60	720,8	44,0	1,000000
5°	PR (2017)	2,5	1	0,4	17,0	1,000000
6°	PR (2015)	2,5	1	0,4	16,6	1,000000

7º	PR (2016)	2,5	1	0,4	15,3	1,000000
8º	PR (2019)	2,5	1	0,4	14,7	1,000000
9º	BA (2019)	4.074,4	165	1.914,2	49,1	1,000000
10º	RJ (2015)	28,1	1	8,7	31,2	0,990476
11º	RN (2017)	3.625,5	133	1.510,0	44,4	0,973881
12º	PE (2018)	781,3	34	373,7	47,8	0,968979
13º	PE (2019)	782,0	34	368,0	47,1	0,953396
14º	CE (2015)	1.256,3	45	517,1	42,7	0,941759
15º	SE (2017)	34,5	1	8,4	24,3	0,923069
16º	PI (2018)	1.584,1	58	636,2	44,3	0,912354
17º	RN (2018)	3.980,1	147	1.553,6	42,0	0,908741
18º	RN (2019)	4.159,5	154	1.604,0	39,6	0,896502
19º	RJ (2016)	28,1	1	7,8	27,8	0,886356
20º	PE (2017)	782,0	34	335,3	48,3	0,868679
21º	MA (2019)	426,0	15	176,4	49,7	0,857824
22º	BA (2018)	3.525,0	133	1.253,5	46,2	0,857468
23º	SE (2019)	34,5	1	7,8	22,4	0,857136
24º	PI (2016)	869,9	31	330,9	43,8	0,851068
25º	BA (2017)	2.344,3	90	889,1	48,5	0,838950
26º	CE (2016)	1.759,1	67	668,0	47,6	0,836742
27º	PI (2017)	1.443,1	52	522,6	46,1	0,832203
28º	RN (2016)	3.408,1	125	1.208,0	41,8	0,827945
29º	SE (2015)	34,5	1	7,4	21,5	0,813358

30°	PR (2018)	2,5	1	0,3	13,7	0,805882
31°	BA (2016)	1.897,8	73	692,5	40,6	0,798227
32°	SE (2016)	34,5	1	7,2	20,8	0,791202
33°	RJ (2019)	28,1	1	6,9	24,7	0,784127
34°	PB (2016)	69,0	13	18,6	29,7	0,756745
35°	MA (2018)	274,8	10	112,2	50,8	0,756170
36°	PB (2018)	156,9	15	64,8	41,7	0,746365
37°	CE (2019)	2.045,5	79	685,5	37,1	0,732509
38°	BA (2015)	1.470,1	55	448,8	46,0	0,731935
39°	RS (2017)	1.831,9	80	635,6	37,1	0,727803
40°	PB (2019)	157,2	15	63,0	40,6	0,725605
41°	RS (2018)	1.831,9	80	633,5	35,6	0,725398
42°	RN (2015)	2.699,6	97	803,8	37,9	0,705059
43°	RS (2019)	1.831,9	80	598,4	33,7	0,685206
44°	RJ (2018)	28,1	1	5,9	21,1	0,670449
45°	CE (2018)	2.049,9	80	628,8	33,6	0,663955
46°	CE (2017)	1.935,8	74	581,2	34,1	0,661350
47°	RS (2016)	1.644,4	69	518,2	34,1	0,659050
48°	PB (2015)	69,0	13	16,0	25,6	0,652279
49°	PE (2015)	406,6	19	46,2	44,0	0,647059
50°	PI (2015)	503,1	18	90,9	43,8	0,645651
51°	PB (2017)	157,2	15	28,5	31,4	0,561182
52°	RS (2015)	1.467,9	60	373,0	31,5	0,529560

53°	PE (2016)	650,9	29	169,4	31,7	0,521012
54°	SC (2019)	238,5	14	41,6	29,7	0,436765
55°	SC (2015)	238,5	14	35,4	15,2	0,264741
56°	SC (2016)	238,5	14	31,3	13,4	0,234079
57°	SC (2017)	238,5	14	28,8	12,6	0,215382
58°	SC (2018)	238,5	14	19,6	10,2	0,150118

Fonte: Autoria própria, 2021.

Pode-se afirmar que o fato da análise do conjunto acarretar muitas unidades eficientes (*benchmarks*) se deve a uma característica da aplicação do modelo AED-BCC para o cálculo das eficiências relativas, Ef_{rel} . Além disso, como a orientação foi a produto algumas unidades, que apresentam os maiores produtos ou os menores insumos, foram classificadas como eficientes, mesmo não sendo.

Pode-se concluir que o conjunto todo apresenta uma eficiência média global de 0,772099. Analisando a medida da eficiência relativa de cada UTD (Tabela 1) percebe-se que um total de 33 (trinta e três) unidades apresentam eficiências acima do valor médio global, enquanto outras 25 (vinte e cinco) apresentam uma eficiência abaixo do valor médio global.

Em relação a ineficiência, observa-se que as últimas 5 (cinco) posições foram ocupadas pelas unidades referentes ao setor eólico do Estado de Santa Catarina, a saber: SC (2019), 54^a, SC (2015), 55^a, SC (2016), 56^a, SC (2017), 57^a, e SC (2018). Dessa forma, o setor eólico de Santa Catarina no ano de 2018 foi a unidade mais ineficiente de todo o conjunto, com uma medida de eficiência relativa igual 0,150118.

As unidades eficientes, as *benchmarks*, servem como modelo para as unidades ineficientes. Vale salientar que os modelos AED aplicado definem para cada UTD ineficiente um conjunto de *benchmarks*. Assim, na Tabela 2 tem-se o número de vezes uma *benchmark* foi citada como referência para uma unidade ineficiente.

Tabela 2 – Número de referências de uma benchmark para as UTDs ineficientes

Benchmarks	Nº
MA (2017)	33
BA (2019)	29

PI (2019)	20
PR (2015)	6
RJ (2017)	4
SE (2018)	5
PR (2016)	0
PR (2017)	0
PR (2019)	0

Fonte: Autoria própria, 2021.

De acordo com a Tabela 2, o setor eólico do Estado do Maranhão no ano de 2017 se mostrou como modelo para 33 (trinta e três) unidades ineficientes, seguido do Estado da Bahia no ano de 2019 que foi modelo para um total de 29 (vinte e nove) unidades. Enquanto isso, o setor eólico do Estado do Paraná, nos anos de 2016, 2017 e 2019, não foram modelos para nenhuma unidade ineficiente.

Em relação ao setor eólico de cada estado, durante o período analisado na pesquisa, pode-se construir a Tabela 3 com a medida da eficiência média, indicada por $Ef_{rel-méd}$, para cada estado. Ou seja, esta medida representa a eficiência média do setor de energia eólica de cada estado entre os anos de 2015 a 2019.

Tabela 3 – Medida da eficiência média por estado

Rank	Estado	$Ef_{rel-méd}$
1 ^a	Paraná	0,961176
2 ^a	Sergipe	0,876953
3 ^a	Maranhão	0,871331
4 ^a	Rio de Janeiro	0,866281
5 ^a	Rio Grande do Norte	0,862426
6 ^a	Piauí	0,848255
7 ^a	Bahia	0,845316

8 ^a	Pernambuco	0,791825
9 ^a	Ceará	0,767263
10 ^a	Paraíba	0,688435
11 ^a	Rio Grande do Sul	0,665403
12 ^a	Santa Catarina	0,260217

Fonte: Autoria própria, 2021.


Conforme os dados da Tabela 3, o setor de energia eólica do Estado do Paraná teve a maior eficiência relativa média do período analisado, que foi igual 0,961176, devido ao fato de que 4 (quatro) unidades do estado foram classificadas como eficientes, com medidas igual a 1 (um). Já o Estado de Santa Catarina apresentou a menor medida de eficiência média, igual a 0,260217, um valor bem abaixo da média global de todas as UTDs analisadas, que foi igual a 0,772099. Isto deve-se ao fato de que as últimas 5 (cinco) posições do ranking, de acordo com a Tabela 2, foram ocupadas pelas unidades de Santa Catarina.

O fato do setor eólico do Estado de Santa Catarina ser tão mal avaliado, em relação a medida da eficiência relativa Ef_{rel} , se deve ao fato de que essas unidades apresentaram fatores de capacidade, indicado pelo produto FCM, bem abaixo de 20%. Como o modelo adotado teve orientação a produto, quanto menores os produtos mais ineficientes se tornam as UTDs.

Este fato de ter o produto FCM com valores abaixo de 20% também foram identificadas nas 5 (cinco) unidades do setor eólico do Paraná. Entretanto 4 (quatro) delas, PR (215), PR (2016), PR (2017) e PR (2019), foram classificadas como eficientes. Essas unidades foram classificadas como eficientes devido ao fato de apresentarem os menores valores dos insumos, PIN (potência instalada em MW) e NPE (número de parques eólicos em operação).

Vale salientar que setor eólico do Estado do Paraná, no período pesquisado (2015-2019), manteve apenas 1 (um) parque eólico em operação com uma potência instalada de 2,5 MW.

É importante destacar que em geral, os modelos clássicos de AED, como o BCC, resultam em grande número de unidades eficientes e devido as suas características matemáticas, as unidades que apresentam o menor valor de um dos insumos ou o maior valor de um dos produtos serão consideradas eficientes (*benchmarks*). Essas *benchmarks* são classificadas como falsas eficientes.



Como visto anteriormente, na Tabela 2, apenas a unidade PR (2015) se mostrou como modelo para 6 (seis) unidades ineficientes, enquanto as demais 3 (três) unidades, classificadas como *benchmarks*, não se apresentam como modelo de eficiência. Isto somado ao fato de que essas unidades apresentam os menores valores do produto FCM (fator de capacidade médio mensal durante o ano) sugere que essas *benchmarks* apresentam falsas eficiências. Entretanto, para confirmar este fato é necessário a aplicação metodologia específica em análise envoltória de dados.

Dessa forma, pode-se usar o método da fronteira invertida de modo a identificar, dentre as *benchmarks*, as unidades com falsa eficiência. Ou seja, o método avalia a ineficiência de uma UTD por meio da construção de uma fronteira constituída pelas unidades mais ineficientes, chamada de fronteira invertida.

4 CONCLUSÕES

Pode-se concluir que o objetivo proposto neste trabalho foi atendido, ou seja, as unidades foram avaliadas conforme as medidas de seus desempenhos, indicadas pelo valor eficiência média de cada unidade avaliada, por meio da aplicação da ferramenta matemática da análise envoltória de dados.

Dessa forma, das 58 (cinquenta e oito) unidades avaliadas um total de 9 (nove) unidades foram classificadas como eficientes, as chamadas *benchmarks*, servindo assim de modelo para as demais unidades que foram classificadas com ineficientes. Analisando os dados apresentados, observou-se que as unidades com os menores insumos ou maiores foram classificadas como benchmarks. Entretanto, é sugestivo que algumas dessas unidades apresentem falsa eficiência.

O conjunto analisado representou o setor de energia eólica dos estados brasileiros produtores desta fonte de energia, durante os anos de 2015 a 2017. O conjunto todo apresentou uma eficiência média global igual 0,772099 e ao todo cerca de 57% das unidades avaliadas obtiveram uma eficiência relativa acima dessa média global.

Vale salientar que a análise do desempenhos das unidades, conforme as medidas de eficiência relativa, sugere um peso significativo da variável de insumo FCM, que representa o fator de capacidade médio mensal durante o ano.

Assim, para finalizar, recomenda-se o uso desta ferramenta de análise envoltória de dados para a realização da análise do setor de produção de energia eólica no Brasil buscando assim uma melhoria nas práticas desse tipo de fonte de energia.



REFERÊNCIAS

ABEEÓLICA – Associação Brasileira de Energia Eólica. *Boletim Anual de Geração Eólica 2019*. ABEEólica, 2020.

ABEEÓLICA – Associação Brasileira de Energia Eólica. *Energia Eólica: Os bons ventos no Brasil. Infovento 19, de 11 de fevereiro de 2021*. ABEEólica, 2021.

ÂNGULO MEZA, L.; BIONDI NETO, L.; SOARES DE MELLO, J. C. C. B.; GOMES, E. G. ISYDS – Integrated System for Decision Support (SIAD – Sistema Integrado de Apoio à Decisão): A software package for data envelopment analysis model. *Pesquisa Operacional*, v. 25, n. 3, p. 493-503, 2005.

AZEVEDO, A. A. de; LEITE, C. M. de O.; ANDRADE, L. A. de. Análise da eficiência energética dos estados brasileiros com a utilização do método análise envoltória de dados. *Brazilian Journal of Production Engineering*, 5 (3), 196-213, 2019.

BANKER, R. D. Maximum likelihood, consistency and Data Envelopment Analysis: A statistical foundation. *Management Science*, v. 39, n. 10, p. 1265-1273, 1993.

BANKER, R. D.; CHARNES, A.; COOPER, W. W. Some models for estimating technical and scale inefficiencies in Data Envelopment Analysis. *Management Science*, v. 30, n. 9, p. 1078-1092, 1984.

BARBOSA, R. de P.; BASTOS, A. P. V. Utilização da análise por envoltória de dados (DEA) na mensuração da eficiência das prestadoras de serviços de água e esgotamento sanitário: Um enfoque no desempenho da companhia de saneamento do estado do Pará. *Revista Economia e Gestão*, v. 14, n. 35, p. 151-181, 2014.

CASTRO, M. T. de; SOUZA, M. G. de; CASTRO, A. de O. Renewable energy: Wind energy, its effects and environmental gains. *Journal of Engineering and Technology for Industrial Applications*, v. 5, n. 19, p. 103-108, 2019.


CHARNES, A.; COOPER, W. W.; RHODES, E. Measuring the efficiency of decision making units. *European Journal of Operational Research*, v. 2, n. 6, p. 429-444, 1978.

CHERCHYE, L.; DE ROCK, B; WALHEER, B. Multi-output profit efficiency and directional distance functions. *Omega*, 61, 100-109, 2016.

GOMES, E. G.; SOARES DE MELLO, J. C. C. B.; FREITAS, A. C. R. de. Efficiency measures for a non-homogeneous group of family farmers. *Revista Pesquisa Operacional*, v. 32, n. 3, p. 561-574, 2012.

HAMDAN, A.; MUSTAPHA, F.; AHMAD, K. A.; MOHD RAFIE, A. S. A review on the micro energy harvester in structural health monitoring (SHM) of biocomposite material for vertical axis wind turbine (VAWT) system: A Malaysia perspective. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, v.35, p.23-30, 2014.

LIMA, E. C. de; SANTOS, I. A.; MOIZINHO, L. C. S. Energia eólica no Brasil: Oportunidades e limitações para o desenvolvimento sustentável. *Revista Estudo & Debate*, v. 25, n. 1, p. 216-236, 2018.



LOURENÇO, A. P.; FERREIRA, D. H. L.; SUGAHARA, C. R. Uma análise da eficiência de portos europeus por meio da ferramenta análise envoltória de dados. *Revista Produção Online*, v. 20, n. 4, p. 1260-1278, 2020.

MAGALHÃES, J. V. M.; GÓES, M. de F. B.; SILVA, M. S.; ANDRADE, J. C. S. Análise estratégica do setor de energia eólica no Brasil. *Revista Eletrônica Estratégia & Negócios*, v. 12, n. 1, 2019.

PARK, J.; YOO, S. K.; LEE, J. S.; KIM, J.; KIM, J. J. Comparing the efficiency and productivity of construction firms in China, Japan and Korea using DEA and DEA based malmquist. *Journal of Asian Architectures and Building Engineering*, 14 (1), 57-64, 2015.

QINGXIAN, A.; YAN, H.; LIANG, L. Internal resource waste and centralization degree in two-stage systems: An efficiency analysis. *Omega*, 61, 89-99, 2016.

RAMOS, J. E.; BORBA, M. da C.; MELO, A. P. S. de; XAVIER, L. F.; CARVALHO, D. M. de. Benchmarks em sistemas de produção de leite: Uma aplicação da Análise Envoltória de Dados (DEA). *Revista em Agronomia e Meio Ambiente*, v. 13, n. 2, p. 449-474, 2020.

RODRIGUES, M. V. S.; AQUINO, M. D. de; THOMAZ, A. C. F. Análise da eficiência na produção de energia eólica nos principais estados brasileiros produtores, por meio da aplicação de análise por envoltória de dados. *Revista Tecnologia Fortaleza*, v. 36, n. 1 e 2, p. 18-33, 2015.

RODRIGUES, M. V. S.; AQUINO, M. D. de; THOMAZ, A. C. F. Seleção de variáveis em análise por envoltória de dados na análise da eficiência do instrumento da cobrança pela água bruta no setor do abastecimento público nas bacias cearenses por meio da ferramenta computacional SIAD (Sistema Integrado de Apoio à Decisão). *Revista DAE*, n. 208, v. 65, 2017.

RODRIGUES, M. V. S.; AQUINO, M. D. de; THOMAZ, A. C. F.; PEREIRA, R. F. Multicriteria Method in Data Envelopment Analysis: an application to measure the performance of the instrument of charging for water in the State of Ceará basins. *Revista Brasileira de Recursos Hídricos (RBRH)*, v. 22, e8, 2017b.

SILVA, S. S. F. da; ALVES, A. C.; RAMALHO, A. M. C. Energia eólica e complementaridade energética: Estratégia e desafio para o desenvolvimento sustentável na região Nordeste do Brasil. *Qualitas Revista Eletrônica*, v. 19, n. 3, p. 53-72, 2018.

SINGH, M.; MITTAL, A. K.; UPADHYAY, V. Efficient water utilities: Use of performance indicator system and data envelopment analysis. *Water Science: Technology*, 14 (5), 787-794, 2014.



CAPÍTULO 5

BREVES APONTAMENTOS ACERCA DO PROGRAMA CISTERNAS²

Maria Elanny Damasceno Silva, Ms.^a em Sociobiodiversidade e Tecnologias Sustentáveis

RESUMO

As tecnologias sociais rurais trouxeram a possibilidade de convivência harmônica com o ambiente natural de baixa disponibilidade hídrica, sem tratá-lo como problema, adaptando-se com a facilidade de possuir água para sobrevivência, além de agregar bem-estar e fortalecer as raízes sertanejas. O artigo trata a respeito de um programa social que atua nas regiões semiáridas do Nordeste com foco no suporte hídrico pluvial de famílias de baixa renda das zonas rurais: o Programa Cisternas. Para isto buscou-se formular uma revisão narrativa reflexiva acerca dos apontamentos de estudiosos do tema quanto aos esforços governamentais para expansão das cisternas entre as famílias rurais de baixa renda do Semiárido. A metodologia está embasada na abordagem qualitativa, de procedimento bibliográfico e explicativo. Conclui-se que a redução de orçamento na pasta do programa afeta diretamente na qualidade de vida das famílias que ainda não foram contempladas, e direciona o seguinte pensamento: seria apenas a crise orçamentária que compromete o avanço do programa ou o desinteresse na qualidade de vida dos menos favorecidos? Fica a reflexão para que se possa continuar apoiando programas sociais que baseiam-se no bem-estar, prezando pela equidade e progresso comum a todos.


PALAVRAS-CHAVE: política hídrica, zonas rurais, tecnologias sociais.

INTRODUÇÃO

Reflexões são sempre bem-vindas, especialmente quando se trata de bem-estar, qualidade de vida, desenvolvimento econômico e direito. O ser humano é por natureza um ser político e como tal aplica suas faculdades argumentativas e reflexivas para si e seu meio. Daí surgem questionamentos, ideias e respostas para problemas sociais. É sobre isto que este artigo trata brevemente: refletir a respeito de um programa social que atua nas regiões semiáridas do Nordeste com foco no suporte hídrico pluvial de famílias de baixa renda das zonas rurais.

Como afirma Souza e Mendes (2019) a principal problemática do Nordeste é a instabilidade de chuvas e irregularidade no espaço e tempo, além da alta evapotranspiração comparada ao volume de chuvas, dando início ao ciclo natural das estiagens. Como dito, o clima é mutável, mas não é um entrave diante das criações tecnológicas atuais.

² Trabalho atualizado após apresentação no II *Sustentare* – Seminário de Sustentabilidade da PUC-Campinas, V WIPIS – Workshop Internacional de Pesquisa em Indicadores de Sustentabilidade, nov. 2020.



Conforme Sousa (2018) a água é um direito fundamental e para tanto deve ser direcionado esforços públicos organizados para trabalhar em políticas públicas com ênfase nos aspectos sociais e econômicos, permitindo acesso à água às populações que sofrem com a escassez hídrica.

A Articulação do Semiárido Brasileiro (ASA) esforçou-se juntamente com as famílias para expandir a construção de cisternas de baixo custo para acúmulo de águas de chuvas captadas dos telhados das casas, tornando-se política pública nos anos seguintes. Segundo Soares Júnior e Leitão (2017) o Programa Um Milhão de Cisternas (P1MC) foi iniciado pela ASA no ano de 2003 e findou em 2012 na gestão do Ministério do Desenvolvimento Social e Combate à Fome (MDS), integralizado ao Programa Água para Todos do Ministérios da Integração Social (MI) e comumente chamado de Programa Cisternas.


Ainda de acordo com Soares Júnior e Leitão (2017) o P1MC constitui-se por seis pontos: 1) Controle Social, 2) Capacitação, 3) Fortalecimento Institucional, 4) Comunicação, 5) Construção das cisternas e 6) Mobilização. Estas premissas básicas serão apontadas no decorrer da discussão e servirão para fomentar a proposta de reflexão, principalmente ao analisar as alterações realizadas na trajetória do programa.

O programa passou por mudanças e a justificativa foi pensada para atender as famílias rurais em menos tempo, para isso a estrutura original e manual das cisternas de cimento foi interrompida passando a ser responsabilidade de empresas privadas a construção de cisternas de polietileno. Este tópico desfavoreceu a mobilização social intrínseca do projeto inicial. Seria então, uma maneira de favorecimento empresarial envolto no discurso de agilidade e rapidez na entrega de cisternas? Na época, foi perceptível o desagrado por parte dos beneficiários quanto as cisternas industriais, tornando-se uma discussão polêmica e passível de questionamentos.

A proposta deste texto de revisão narrativa é refletir sobre apontamentos de estudiosos do tema acerca dos esforços governamentais para expansão das cisternas entre as famílias rurais de baixa renda do Semiárido, desde que tornou-se política pública hídrica.

METODOLOGIA

Por ser uma revisão narrativa tem o propósito de descrever e discutir assuntos dentro de um contexto ou teoria, ou seja, analisando a literatura da área ou tema com base na interpretação e observação apurada do autor (ROTHER, 2007).



Este texto utilizou de abordagem qualitativa que segundo Silveira e Córdova (2009) preocupa-se em explicar e compreender dinâmicas sociais, sem quantificação. Quanto ao procedimento bibliográfico tem-se a principal vantagem a obtenção de informações de maior abrangência em estudos (fontes secundárias) já realizados (GIL, 2008).

As compreensões abordadas partem da análise dos fatos expostos e, portanto, explicativa. Conforme Gil (2008, p. 29) a pesquisa explicativa pode ser derivada da pesquisa descritiva, haja vista que “a identificação dos fatores que determinam um fenômeno exige que esteja suficientemente descrito.”


ÁGUA: DO DIREITO À CONVIVÊNCIA COM O AMBIENTE ESCASSO

A água enquanto direito fundamental para suprimento das necessidades sociais também exerce importância no desenvolvimento sustentável, por conta disso o Programa Cisternas requer constantes investimentos de recursos públicos para manter-se. O não repasse do financiamento acarreta na interferência no direito à água e conseqüentemente, reduz a possibilidade de usufruto de outros direitos que estão direto ou indiretamente ligados à água (SOUSA, 2018). O autor reforça o caráter orçamentário necessário para provimento do Programa às famílias rurais do semiárido, principalmente após os ajustes fiscais realizados em 2018 que reduziram consideravelmente a quantidade de recursos federais para construção de cisternas de placas e outras tecnologias sociais para o campo.

É sabido que o Programa Cisternas alcançou grande parte da meta no semiárido, mas isso não é motivo para corte orçamentário, afinal quando se atinge uma meta a tendência é galgar um novo patamar, que neste caso, poderá abranger as demais regiões do país. Embora, o Nordeste seja o *locus* do programa por suas especificidades climáticas e de aridez, há de se concordar que todos habitantes têm direito à água e seus benefícios, principalmente quando se refere a facilidade de obtenção de águas de chuvas armazenadas ao lado da residência e com baixo custo de investimento na construção.

As zonas rurais de outras regiões brasileiras também carecem de disponibilidade de armazenamento de águas para consumo humano, e mesmo não sofrendo impactos negativos diretos da severidade de secas é importante refletir sobre a expansão do programa para captação de águas para beber e cozinhar, visto ser indispensável para vida.

Os primeiros sinais de seca são oriundos dos sertões, a partir do momento em que os pequenos reservatórios de águas secam e os agricultores interrompem suas produções e culturas de subsistência. As cisternas, por sua vez, cumprem seu objetivo de condicionamento das águas



captadas nas chuvas [1 controle social], e seguidamente, abastecida pelos carros-pipas do Exército Brasileiro que cumprem o importante papel de levar águas para as comunidades até o fim da estiagem (FRANÇA; MORENO, 2017). Os mesmos autores reforçam que lidar com os efeitos das secas é uma tarefa árdua por natureza, necessitando de esforços extras, contudo há um agravante maior que pode tornar o processo mais difícil: a crise econômica.

O êxodo rural oriundo das secas e causador de mazelas sociais passou por um processo de estudos e transformações após aplicações de planos de Desenvolvimento do Nordeste propostos pelo Banco do Nordeste (BNB) até ser significativamente contido após a implantação das cisternas.

Por outro lado, os efeitos das secas não atingem somente as camadas mais frágeis do campo. As fazendas e agroindústrias geradoras de *commodities* conseguem lidar com as sazonalidades climáticas, pois investem em tecnologias e irrigações a longo prazo e de alto custo. Para as famílias as tecnologias sociais rurais trouxeram a possibilidade de convivência harmônica com o ambiente natural, sem tratá-lo como problema ou combatê-lo, adaptando-se com a facilidade de possuir água para sobrevivência, além de agregar bem-estar e fortalecer as raízes sertanejas.

CISTERNAS: QUALIDADE DE VIDA E DESENVOLVIMENTO LOCAL

Geralmente, a qualidade de vida é qualificada pela existência da satisfação material dos indivíduos. Entretanto, já foi constatado a necessidade de reavaliação dos parâmetros de modo qualitativo oriundos dos beneficiários [de qualquer programa público] a respeito do que seja as melhorias na qualidade de vida (BARBOSA; LIMA JÚNIOR, 2018). Para comunidades do Semiárido, a satisfação em obter “água boa” para beber e cozinhar é um grande passo para melhorar a qualidade de vida, pois a distância para buscar águas em cacimbas ou poços ocupa boa parte do tempo, que poderia ser utilizado para o desenvolvimento de alguma atividade econômica, doméstica ou criação dos filhos.

É preciso analisar sob a ótica qualitativa os aspectos de bem-estar das comunidades rurais e o fortalecimento da economia conduzidos por projetos que atuam no empreendedorismo rural, seja de plantio ou criação de animais. Ao reduzir recursos do Programa Cisternas também invalida uma das premissas básicas do programa, que é prover água e produzir alimentos a partir de tecnologias de captação de águas, permitindo que famílias que ainda não foram contempladas fiquem à mercê de assistencialismos e táticas emergenciais durante períodos escassos.

O Programa Cisternas caminha para propiciar direcionamentos e soluções imprescindíveis ao Semiárido nordestino, a escassez de água, os efeitos das secas e também do coronelismo na perspectiva socioeconômica e ambientalista. O Desenvolvimento Local abrange um conceito de valores regionais e ações que estão interligados ao programa, como as alianças sociais [4 comunicação], enaltecimentos dos saberes tradicionais, o caráter endógeno, a expansão das capacidades locais [2 capacitação] e a participação ativa [5 construção das cisternas] na construção das tecnologias (SOARES JÚNIOR; LEITÃO, 2017).

O tempo de construção de cisternas de placas fica entre 5 a 7 dias, desde construção, montagem e pintura do reservatório. Todo trabalho fica por conta da família e pedreiros capacitados durante as reuniões do Programa Cisternas, que além de gerar renda e trabalho local aprendem a importância do manejo adequado da água.

Em 2011, foi lançada a proposta de substituição de cisternas de placas por cisternas de polietileno (Figura 1), anunciada como tecnologia mais moderna e de sucesso, comprovada pela eficácia nos países do México e Austrália, ambos com irregularidade de chuvas. Por ser leve e facilmente deslocada, a cisterna de polietileno pode ser instalada entre 1 a 2 dias. A aquisição dessas cisternas deu-se na tentativa de expansão da meta que contava em abastecer 750 mil famílias do campo até 2014 (SANTOS, 2018).




Fonte: Google Imagens.

Corroborando com Santos (2018), sua pesquisa na Bahia constatou que a implantação das cisternas de polietileno foi uma medida emergencial perante a estiagem vigente daqueles anos. De fato, inúmeras famílias foram atendidas conforme o planejado, contudo não houve dúvidas de que a operacionalização favorece exclusivamente a elite, desconfigurando

³ Disponível em: <https://url.gratis/B4JSm>. Acesso em: 29 nov. 2020.

⁴ Disponível em: <https://url.gratis/ZsC8m>. Acesso em: 29 nov. 2020.



totalmente a ideia primária, indo de encontro com o tradicional viés do desenvolvimento: fomentar o capital.

Longe de desmerecer a ideia propulsora das cisternas de polietileno, pois cumpriu seu papel de entregar os equipamentos em tempo recorde, todavia ainda é visível as intenções empresariais diante da oportunidade de obtenção de recurso público destinado a problemática da água no Nordeste.

Portanto, as propostas para o desenvolvimento não podem conter apenas princípios capitalistas, dado que é crucial divulgar e enraizar a permanência de organizações populares [3 fortalecimento institucional] das classes menos favorecidas, sobretudo em uma sociedade desigual como a realidade brasileira, estreitando disparidades ao tempo que contribui para melhores condições de vida em geral (BARBOSA; LIMA JÚNIOR, 2018).

BREVES APONTAMENTOS

A água é um recurso limitado e o pensamento de Aires et al. (2019) salienta que estamos vivendo uma época de transição, com formas inovadoras de relacionamento homem e meio ambiente. Fortalecer a consciência ecológica ao considerar uma demanda que pensa sustentavelmente, é improrrogável, para que as próximas gerações usufruam com disposição de água em qualidade e quantidade para sua permanência e progresso.

Dentre as pesquisas sociais com foco no Programa Cisternas Soares Júnior e Leitão (2017) constataram que as cisternas não são apenas um resultado para o programa, pois agregam em si a base principal de convivência com o Semiárido nordestino. Possibilita o Desenvolvimento Local por ser uma produção em pequena escala, impulsiona os trabalhos das Instituições municipais ao oferecer reuniões às famílias de agricultores e técnicos associados na formação de agentes sociais.

Pesquisas com temática sanitária apontaram que o uso de águas das cisternas reduziu doenças estomacais em adultos e crianças, como o caso do estudo preliminar em uma população ribeirinha, onde foi relatado durante entrevistas que as cisternas impactaram positivamente na qualidade de vida das famílias, levando em consideração o bom condicionamento da saúde obtido após utilização das águas de cisternas, pois antes recorriam ao rio para provimento de água nas residências (AIRES, *et al.*, 2019).

Ambos modelos de cisternas mencionados neste texto têm o potencial de comportar 16 mil litros para famílias rurais, sendo as cisternas de placas as mais populares e aceitas pelas comunidades, além disso, a produção de alimentos também é alvo do Programa, sendo as

cisternas de enxurrada (Figura 2) e calçadão (Figura 3) exemplos de tecnologias utilizadas para irrigação e dessedentação de animais, todas construídas após a instalação da cisterna para consumo humano, com capacidade de 52 mil litros cada.

Figura 2: Cisterna de enxurrada⁵



Figura 3: Cisterna calçadão⁶



Fontes: Google Imagens

CONSIDERAÇÕES FINAIS

Pode-se inferir que, embora o Programa Cisternas tenha um alcance admirável entre os municípios do Semiárido, ainda assim por um momento, foi alvo de favorecimento para empresários do ramo de fabricação de cisternas de polietileno.

A redução de orçamento na pasta do programa, afeta diretamente na qualidade de vida das famílias que ainda não foram contempladas. Importante destacar que essa decisão inibe o direito fundamental do acesso à água aos cidadãos e conseqüentemente atinge demais direitos vinculados ao uso da água.

É pertinente pensar: seria apenas a crise orçamentária que compromete o avanço do programa ou o desinteresse na qualidade de vida dos menos favorecidos? A resposta pode ser simples, mas complexa, pois a partir do momento em que se tem o básico para a sobrevivência é natural que o ser humano busque por outros anseios e vontades, afinal cada um tem desejos de progressão na vida, e obviamente não é de interesse das políticas elitistas que a população sertaneja e menos favorecida se desenvolva, uma vez que é possível controlar as massas pelo tempo desejado. Retornar ao assistencialismo e coronelismo passa a ser um ciclo de manutenção do poder. Fica a reflexão: resistir e fazer escolhas pautadas no bem-estar social, prezando pela equidade e progresso comum a todos.

⁵ Disponível em: <https://url.gratis/qBOuC>. Acesso em: 14 abr. 2021.

⁶ Disponível em: <https://url.gratis/7YaTr>. Acesso em: 14 abr. 2021.



REFERÊNCIAS

AIRES, R. di. K. D., et al. Captação da água da chuva através de cisternas para uso doméstico pela população ribeirinha e os impactos para a qualidade de vida local: resultados preliminares. **Brazilian Journal of Development**, Curitiba, v. 5, n. 11, p. 25196-25201, nov. 2019. Disponível em: <https://www.brazilianjournals.com/index.php/BRJD/article/view/4653>. Acesso em: 6 out. 2020.

BARBOSA, V. de. F. F.; LIMA JÚNIOR, F. do O' de. O crédito instalação e a qualidade de vida dos assentados no semiárido cearense: reflexões sobre políticas públicas de desenvolvimento rural. **GEOTemas**, Pau dos Ferros/RN, v. 8, n. 3, p. 100-120, out./dez. 2018. Disponível em: <http://natal.uern.br/periodicos/index.php/GEOTemas/article/view/903>. Acesso em: 4 out. 2020.

FRANÇA, J. M. F. de; MORENO, J. C.. Uma reflexão sobre os impactos causados pela seca no Rio Grande do Norte de 2012 a 2016. **Parc. Estrat.**, Brasília-DF, v. 22, n. 44, p. 213-232, jan./jun. 2017. Disponível em: http://seer.cgee.org.br/index.php/parcerias_estrategicas/article/viewFile/853/781. Acesso em: 01 out. 2020.

GIL, A. C.. **Métodos e técnicas de pesquisa social**. 6ª ed. São Paulo: Atlas, 2008.

ROTHER, E. T.. Revisão sistemática X revisão narrativa. **Acta paul. de enferm.** São Paulo, v. 20, n. 2, pág. v-vi, junho de 2007. Disponível em http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0103-21002007000200001&lng=en&nrm=iso. Acesso em: 29 nov. 2020.

SANTOS, K. F.. Olhares e percepções sobre as cisternas de polietileno a partir das jornadas de avaliação. **Sitientibus**, Feira de Santana, n. 58, p. 1-5, jan./jun. 2018. Disponível em: <http://periodicos.uefs.br/ojs/index.php/sitientibus/article/view/5144>. Acesso em: 6 out. 2020.

SILVEIRA, D. T.; CÓRDOVA, F. P.. A pesquisa científica. In: GERHARDT, T. E.; SILVEIRA, D. T. (Orgs.) **Métodos de pesquisa**. Coordenado pela UAB/UFRGS e o Curso de Graduação Tecnológica em Planejamento e Gestão para o Desenvolvimento Rural da SEAD/UFRGS. Porto Alegre: Editora da UFRGS, 2009.

SOARES JÚNIOR, D. A.; LEITÃO, M. do R. de F. A.. Desenvolvimento local: o Programa Um Milhão de Cisternas (P1MC) em Tupanatinga, PE. **INTERAÇÕES**, Campo Grande, MS, v. 18, n. 1, p. 75-87, jan./mar. 2017. Disponível em: https://www.scielo.br/scielo.php?pid=S1518-70122017000100075&script=sci_abstract&tlng=pt. Acesso em: 5 out. 2020.

SOUSA, T. P. D.. ÁGUA (ODS 6), Programa Cisternas e o novo regime fiscal brasileiro. **Vianna Sapiens - Revista das Faculdades Integradas Vianna Júnior**, Juiz de Fora, v. 9, n. 1, p. 236-259, jan./jun. 2018. Disponível em: <https://viannasapiens.com.br/revista/article/download/277/253>. Acesso em: 31 out. 2020.



SOUZA, J. S. M.; MENDES, A. K. V.. Secas no Sertão: Reflexões sobre o cenário das longas estiagens no semiárido nordestino através de tecnologias de convivência. **Id on Line Rev. Mult. Psic.**, v. 13, n. 46, p. 1069-1078, 2019. Disponível em: <https://idonline.emnuvens.com.br/id/article/view/1797>. Acesso em: 5 out. 2020.



CAPÍTULO 6

APLICAÇÃO DE PROTOCOLO DE AVALIAÇÃO RÁPIDA (PAR) PARA CARACTERIZAÇÃO DA QUALIDADE AMBIENTAL DO RIO PARNAÍBA, MARANHÃO/PIAÚ

Matheus da Silva Oliveira, Técnico em Redes de Computadores, IFMA

Rafaela Kelly de Sousa Sá, Técnica em Redes de Computadores, IFMA

Tiago Sandes Costa, Mestre pelo curso em Energia da Biomassa, UFAL

Fernanda Custódio Cavalcante, Mestra pelo curso em Bioprospecção Molecular, IFMA

RESUMO

A importância dos rios para abastecimento, como fonte de alimento e recreação é claramente reconhecida, apesar de haver um aumento da evidência de que a degradação dos ecossistemas aquáticos atingiu os níveis máximos já registrados na história. Assim, o objetivo deste estudo foi avaliar as características da água e do entorno do Rio Parnaíba, localizado entre os municípios de Barão de Grajaú (MA) e Floriano (PI), por meio da aplicação de um Protocolo de Avaliação Rápida da qualidade do ambiente. As coletas de dados foram realizadas em quatro aplicações, divididas entre os períodos seco e chuvoso, em 03 trechos selecionados. Nos resultados, todos os pontos de amostragem analisados apresentaram valores de escores baixo com avaliação de impacto ambiental de alterado a impactado e nenhuma área avaliada como natural, demonstrando necessidade urgente de medidas para a conservação da qualidade do ambiente aquático. O método de avaliação de habitats com base na avaliação visual constituiu-se em uma ferramenta simples e dinâmica para atividades de investigação científica e um eficiente recurso didático para explorar questões relacionadas à avaliação de impacto ambiental de bacias hidrográficas.


PALAVRAS-CHAVE: Degradação ambiental; Ambientes lóticos; Protocolo de Avaliação Rápida.

INTRODUÇÃO

Os rios constituem um ambiente ecológico caracterizado, especialmente, pela presença de correnteza. São ecossistemas complexos, principalmente porque apresentam grandes alterações espaciais, desde suas nascentes até às grandes áreas de várzea. (TUNDISI e TUNDISI, 2008)

A importância dos rios para abastecimento, fonte de alimento e recreação é claramente reconhecida, apesar de haver um aumento da evidência de que a degradação dos ecossistemas aquáticos atingiu os níveis máximos já registrados na história. (CALLISTO e MORENO, 2006).

Os impactos causados pelas atividades antrópicas ao ambiente natural vêm, ao longo do tempo, prejudicando sua utilização do ponto de vista sustentável, e consequentemente



diminuindo sua disponibilidade (OLIVEIRA e NUNES, 2015). A urbanização, exploração do solo e subsolo pela mineração e agropecuária, o uso e ocupação do solo de uma bacia hidrográfica e conseqüentemente, os usos múltiplos da água alteram as características físico-químicas, biológicas e ambientais, não apenas dos corpos hídricos, mas também de suas margens e do seu entorno (VARGAS e JÚNIOR, 2012).

Assim, pelas formas de uso e ocupação do meio físico e das atividades socioeconômicas, e em virtude da importância que desempenham no meio aquático, várias instituições se mobilizam para formar pessoal especializado capaz de avaliar a qualidade do ambiente dos recursos hídricos. Neste contexto, se inserem os Protocolos de Avaliação Rápida de Rios (PARs), que objetiva a redução de custos na avaliação ambiental de um local ou grupos de locais, sem privar os estudos de rigor técnico-científico (KRUPPEK, 2010).

O objetivo deste estudo foi avaliar as características da água e do entorno do Rio Parnaíba, localizado entre os municípios de Barão de Grajaú (MA) e Floriano (PI), por meio da aplicação de um Protocolo de Avaliação Rápida da qualidade do ambiente, como uma ferramenta de gestão e educação ambiental, afim de propor medidas de mitigação e eliminação dos impactos negativos.

METODOLOGIA

O presente estudo foi realizado no Rio Parnaíba, no trecho que divide os estados do Maranhão (Barão de Grajaú) e Piauí (Floriano). Sua Bacia Hidrográfica abrange uma área de, aproximadamente, 334 mil km² e está dividida em três sub-bacias: Alto Parnaíba, Médio Parnaíba e Baixo Parnaíba. (PORTAL BRASIL, 2014)

O protocolo de avaliação rápida (PAR), aplicado nesta pesquisa, foi desenvolvido por Callisto et al. (2002), adaptado dos modelos propostos pela Agência de Proteção Ambiental de Ohio (EUA) (EPA, 1987), e Hannaford et al. (1997). Está composto por duas partes que avaliam o sistema por meio de um conjunto de 22 parâmetros distribuídos em categorias, e pontuados de 0 a 4 na primeira parte, e de 0 a 5 na segunda parte (Quadro 1).

Quadro 1. Protocolo de Avaliação Rápida de Diversidade de habitats (CALLISTO et al., 2002) aplicado em trechos de bacia hidrográfica do Rio Parnaíba, Barão de Grajaú-MA/Floriano-PI.

DESCRIÇÃO DO AMBIENTE	
Localização:	
Código do Ponto de coleta:	
Data da Coleta: ____/____/____	Hora da Coleta:
Condições do Tempo: () seco () chuvoso () chuvas esparsas/úmido	
Modo de coleta (coletor):	
Tipo de ambiente: Córrego () Rio ()	
Largura média:	

Profundidade média:				
Temperatura da água:				
PARÂMETROS	PONTUAÇÃO			
	4 pontos	2 pontos	0 ponto	
1. Tipo de ocupação das margens do corpo d'água (principal atividade)	<i>Vegetação natural</i>	<i>Campo de pastagem/Agricultura/ Monocultura/ Reflorestamento</i>	<i>Residencial/ Comercial/ Industrial</i>	
2. Erosão próxima e/ou nas margens do rio e assoreamento em seu leito	<i>Ausente</i>	<i>Moderada</i>	<i>Acentuada</i>	
3. Alterações antrópicas	<i>Ausente</i>	<i>Alterações de origem doméstica (esgoto, lixo)</i>	<i>Alterações de origem industrial/ urbana (fábricas, siderurgias, canalização, retificação do curso do rio)</i>	
4. Cobertura vegetal no leito	<i>Parcial</i>	<i>Total</i>	<i>Ausente</i>	
5. Odor da água	<i>Nenhum</i>	<i>Moderada</i>	<i>Acentuada (ovo podre, óleo/ industrial)</i>	
6. Oleosidade da água	<i>Nenhum</i>	<i>Moderada</i>	<i>Acentuada</i>	
7. Transparência da água	<i>Transparente</i>	<i>Turva/cor de chá-forte</i>	<i>Opaca ou colorida</i>	
8. Odor do sedimento (fundo)	<i>Nenhum</i>	<i>Esgoto (ovo podre)</i>	<i>Óleo/industrial</i>	
9. Oleosidade do fundo	<i>Ausente</i>	<i>Moderado</i>	<i>Abundante</i>	
10. Tipo de fundo	<i>Pedras/cascalho</i>	<i>Lama/areia</i>	<i>Cimento/canalizado</i>	
PARÂMETROS	PONTUAÇÃO			
	5 pontos	3 pontos	2 pontos	0 ponto
11. Tipos de fundo	<i>Mais de 50% com habitats diversificados; pedaços de troncos submersos; cascalho ou outros habitats estáveis.</i>	<i>30 a 50% de habitats diversificados; habitats adequados para a manutenção das populações de organismos aquáticos.</i>	<i>10 a 30% de habitats diversificados; disponibilidade de habitats insuficiente; substratos frequentemente modificados.</i>	<i>Menos que 10% de habitats diversificados; ausência de habitats óbvia; substrato rochoso instável para fixação dos organismos.</i>
12. Extensão de Rápidos	<i>Rápidos e corredeiras bem desenvolvidas; rápidos tão largos quanto o rio e com</i>	<i>Rápidos com a largura igual à do rio, mas com comprimento menor que o dobro da largura do rio.</i>	<i>Trechos rápidos podem estar ausentes; rápidos não tão largos quanto o rio e seu</i>	<i>Rápidos ou corredeiras inexistentes.</i>

	<i>o comprimento igual ao dobro da largura do rio.</i>		<i>comprimento menor que o dobro da largura do rio.</i>	
13. Frequência de Rápidos	<i>Rápidos relativamente frequentes; distância entre rápidos dividida pela largura do rio entre 5 e 7.</i>	<i>Rápidos não frequentes; distância entre rápidos dividida pela largura do rio entre 7 e 15.</i>	<i>Rápidos ou corredeiras ocasionais; habitats formados pelos contornos do fundo; distância entre rápidos dividida pela largura do rio entre 15 e 25.</i>	<i>Geralmente com lâmina d'água "lisa" ou com rápidos rasos; pobreza de habitats; distância entre rápidos dividida pela largura do rio maior que 25.</i>
14. Tipos de Substrato	<i>Seixos abundantes (prevalecendo em nascentes).</i>	<i>Seixos abundantes; cascalho comum.</i>	<i>Fundo formado predominantemente por cascalho; alguns seixos presentes.</i>	<i>Fundo pedregoso; seixos ou lamoso.</i>
15. Deposição de Lama	<i>Entre 0 e 25% do fundo coberto por lama.</i>	<i>Entre 25 e 50% do fundo coberto por lama.</i>	<i>Entre 50 e 75% do fundo coberto por lama.</i>	<i>Mais de 75% do fundo coberto por lama.</i>
16. Depósitos Sedimentares	<i>Menos de 5% do fundo com deposição de lama; ausência de deposição nos remansos.</i>	<i>Alguma evidência de modificação no fundo, principalmente como aumento de cascalho, areia ou lama; 5 a 30% do fundo afetado; suave deposição nos remansos.</i>	<i>Deposição moderada de cascalho novo, areia ou lama nas margens; entre 30 a 50% do fundo afetado; deposição moderada nos remansos.</i>	<i>Grandes depósitos de lama, maior desenvolvimento das margens; mais de 50% do fundo modificado; remansos ausentes devido à significativa deposição de sedimentos.</i>
17. Alterações no canal do rio	<i>Canalização (retificação) ou dragagem ausente ou mínima; rio com padrão normal.</i>	<i>Alguma canalização presente, normalmente próximo à construção de pontes; evidência de modificações há mais de 20 anos.</i>	<i>Alguma modificação presente nas duas margens; 40 a 80% do rio modificado.</i>	<i>Margens modificadas; acima de 80% do rio modificado.</i>
18 Características do fluxo das águas	<i>Fluxo relativamente igual em toda a largura do rio; mínima quantidade de substrato exposta.</i>	<i>Lâmina d'água acima de 75% do canal do rio; ou menos de 25% do substrato exposto.</i>	<i>Lâmina d'água entre 25 e 75% do canal do rio, e/ou maior parte do substrato nos "rápidos" exposto.</i>	<i>Lâmina d'água escassa e presente apenas nos remansos.</i>
19. Presença de mata ciliar	<i>Acima de 90% com vegetação ripária nativa, incluindo árvores, arbustos ou macrófitas; mínima evidência de desflorestamento;</i>	<i>Entre 70 e 90% com vegetação ripária nativa; desflorestamento evidente mas não afetando o desenvolvimento da vegetação; maioria das plantas atingindo a altura "normal".</i>	<i>Entre 50 e 70% com vegetação ripária nativa; desflorestamento óbvio; trechos com solo exposto ou vegetação eliminada; menos da metade das</i>	<i>Menos de 50% da mata ciliar nativa; desflorestamento muito acentuado.</i>

	<i>todas as plantas atingindo a altura “normal”.</i>		<i>plantas atingindo a altura “normal”.</i>	
20 Estabilidade das Margens	<i>Margens estáveis; evidência de erosão mínima ou ausente; pequeno potencial para problemas futuros. Menos de 5% da margem afetada.</i>	<i>Moderadamente estáveis; pequenas áreas de erosão frequentes. Entre 5 e 30% da margem com erosão.</i>	<i>Moderadamente instável; entre 30 e 60% da margem com erosão. Risco elevado de erosão durante enchentes.</i>	<i>Instável; muitas áreas com erosão; frequentes áreas descobertas nas curvas do rio; erosão óbvia entre 60 e 100% da margem.</i>
21. Extensão de mata ciliar	<i>Largura da vegetação ripária maior que 18 m; sem influência de atividades antrópicas (agropecuária, estradas, etc.).</i>	<i>Largura da vegetação ripária entre 12 e 18 m; mínima influência antrópica.</i>	<i>Largura da vegetação ripária entre 6 e 12 m; influência antrópica intensa.</i>	<i>Largura da vegetação ripária menor que 6 m; vegetação restrita ou ausente devido à atividade antrópica.</i>
22. Presença de plantas Aquáticas	<i>Pequenas macrófitas aquáticas e/ou musgos distribuídos pelo leito.</i>	<i>Macrófitas aquáticas ou algas filamentosas ou musgos distribuídos no rio, substrato com perifiton.</i>	<i>Algas filamentosas ou macrófitas em poucas pedras ou alguns remansos, perifiton abundante e biofilme.</i>	<i>Ausência de vegetação aquática no leito do rio ou grandes bancos macrófitas (p.ex. aguapé).</i>

Fonte: Callisto et al. (2002) – Caderno de Estudos Geoambientais (CADEGEO)

A primeira parte que avalia as características dos segmentos do rio, corresponde a 40% da pontuação, enquanto a segunda parte que avalia a complexidade do habitat e o seu nível de conservação, corresponde a 60%. O valor final do PAR será obtido a partir do somatório dos valores atribuídos a cada um dos parâmetros, refletindo o nível de preservação dos trechos do rio estudado e indicando sua situação ambiental (KRUPEK, 2010; OLIVEIRA e NUNES, 2015).

As coletas de dados foram realizadas em quatro aplicações, divididas entre os períodos seco e chuvoso, em três trechos selecionados a partir dos seguintes critérios: características ecomorfológicas dos cursos d’água, que incluem geologia local, vegetação e relevo, e facilidade de acesso. Todos os pontos foram georreferenciados com um GPS.

Convencionou-se a aplicação de questionário e entrevista semiestruturada para caracterizar socioeconomicamente a população dos municípios de Floriano (PI) e Barão de Grajaú (MA).

Os resultados encontrados foram processados estatisticamente por meio do desvio padrão amostral para verificar a existência de variações significativas entre as estações seca e chuvosa.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Na primeira visita a campo (agosto/2018) foi possível visualizar o panorama do ecossistema aquático, quanto aos trechos que seriam escolhidos de acordo com as características ecomorfológicas dos cursos d'água (geologia local, vegetação e relevo) e facilidade de acesso. A partir desses critérios, foram escolhidos os pontos de Aplicação do Protocolo de Avaliação Rápida (PAR).

A segunda visita, realizada no período chuvoso (fevereiro/2019), permitiu a aplicação do PAR em três pontos que foram georreferenciados e designados por nomes e códigos como consta na tabela 1.

Tabela 1: Demarcação dos Pontos de Amostragem (PA) de Aplicação do PAR em trechos do Rio Parnaíba, Barão de Grajaú-MA/Florianópolis-PI.

PA	Código	Coordenada geográfica
Cais do Porto	01/2018	Lat.: 6°45'477324 S Long.: 43°12'385084 W
Captação de água	02/2018	Lat.: 6°76'2801 S Long.: 43°04'8073 W
Povoado da Manga	03/2018	Lat.: 6°47'1158576 S Long.: 43°15'50486776 W

Fonte: Arquivo pessoal.

O PAR aplicado nos pontos Cais do Porto (01/2018), Captação da água (02/2018) e Povoado da Manga (03/2018) apenas na sua margem direita, devido ao acesso, permitiu analisar um conjunto de parâmetros com base nas condições do habitat, objetivando avaliar o grau de impacto ambiental causado por ações antrópicas e obteve valores baixos de escore, caracterizando os ambientes estudados como impactado (0 a 40 pontos) e alterado (41 a 60 pontos) como demonstrado na tabela 2:

Tabela 2: Valores dos escores de aplicação do PAR em cada Pontos de Amostragem (PA) por Período Chuvoso e Período Seco (PS).

PA	PC	AVALIAÇÃO	PS	AVALIAÇÃO
Cais do Porto	31	Impactado	40	Impactado
Captação de água	38	Impactado	44	Alterado
Povoado da Manga	59	Alterado	57	Alterado

Fonte: Arquivo pessoal.

Na análise dos dados foi possível observar que nos pontos de amostragem 01/2018 e 02/2018, os valores dos escores foram mais baixos no período chuvoso (01/2018, 31 pontos;

02/2018, 38 pontos), que no período seco (01/2018, 40 pontos; 02/2018, 44 pontos), enquanto que o ponto de amostragem 03/2018 ocorreu o inverso: no período chuvoso apresentou 59 pontos e no período seco apresentou 57 pontos. Todos os pontos de amostragem, em ambos os períodos foram classificados como ambiente impactado (0 a 40 pontos) ou alterado (41 a 60)

Os pontos 01/2018 e 02/2018 apresentaram pontuações menores nos parâmetros odor da água, oleosidade da água, transparência da água, odor do sedimento e oleosidade do fundo durante o período chuvoso em comparação ao seco, o que pode ser explicado pelo fato de que ambos os pontos de amostragem, por serem os mais antropizados, podem ter retido mais sedimentos em decorrência do escoamento da água das chuvas.

Foi identificado nestes pontos (01/2018 e 02/2018) a agricultura e pecuária de subsistência, a pesca e o comércio sendo desenvolvidos pela população ribeirinha do Parnaíba e segundo Goulart e Callisto (2003), tais atividades demonstram alto grau de interferência antrópica do ecossistema aquático avaliado, e causam múltiplos impactos ambientais.

O Ponto Cais do Porto (01/2018) apresenta atividades de comércio como restaurantes e bares, espaços culturais como o Teatro Usina Electra que apresenta arquitetura colonial, a presença de embarcações privadas ancoradas às margens direita, pertencentes a donos diversos, mas que são vigiadas, cuidadas e por vezes pilotadas por um barqueiro ribeirinho. A margem direita do Ponto é caracterizada de forma marcante pelo tipo de ocupação: não há mata ciliar, o solo é uma mistura de concreto e seixos retirados do fundo do Rio; a presença de quiosques, residências e comércios, além de embarcações flutuantes (Figura 1).

Figura 1: Imagens do Ponto Cais do Porto (01/2018).



Fonte: Arquivo pessoal.

Algumas estruturas de metais provenientes dos flutuantes que realizam a travessia de pessoas de uma margem à outra do Rio, foram depositadas à margem direita do Cais do Porto, que acumulam lixo e larvas de insetos vetores de doenças, como o *Aedes aegypti*, tornando o ambiente arriscado para a saúde pública da população ribeirinha. A margem esquerda possui mata ciliar não nativa e com muitos trechos de solo expostos, indicando risco de erosão e

assoreamento do seu leito, além da presença de vegetação agrícola e pastagem de animais como caprinos. As residências estão dispostas a menos de 6 metros da margem e demonstram ocupação desordenada com população carente, que em muitos casos depende diretamente de alguma atividade econômica relacionada ao Rio.

Atividades humanas como agricultura, pecuária e urbanização são algumas das principais causadoras dos problemas ambientais, porque necessitam de espaço físico e geram resíduos que muitas vezes são despejados nos corpos hídricos. E diante do crescimento constante das demandas urbana, agrícola e industrial é possível perceber que o uso descontrolado dos ambientes aquáticos vem provocando a aceleração de processos de degradação dos sistemas lóticos e de sua qualidade ambiental (CARVALHO et al., 2014).

O Ponto da Captação da água (02/2018), apresenta menor antropização em comparação ao Ponto Cais do Porto. Possui na margem direita bombas de captação, e uma ocupação caracterizada por vegetação nativa e campo de agricultura, apresentando maior dificuldade de acesso. Porém, a margem esquerda com o solo formado por seixos, lama e areia possui ponto de comércio de peixe, áreas de lazer e bares, e com lixos distribuídos por toda base de acesso, mesmo sendo uma Área de Proteção Permanente (APP) com placas de aviso sobre a preservação do local. Apesar do ambiente ser uma APP, não foi identificado fiscalização e nenhuma equipe de limpeza e conservação do ecossistema (Figura 2).

Figura 2: Imagens do Ponto Captação da água (02/2018).



Fonte: Arquivo pessoal.

A margem direita do Ponto (02/2018) está situada no bairro Taboca, município de Floriano (PI), onde se encontra o Riacho Taboca, referenciado pelas coordenadas geográficas Lat.: 6°76'7367 S e Long.: 43°04'7510 W, e apresentando formações rochosas, inexistência de vegetação nativa que fora substituída por campos de agricultura familiar e criação de animais como caprinos e suínos. A ocupação desordenada e a população carente compõem a paisagem do entorno do trecho demarcado.

Na margem oposta, localiza-se o município de Barão de Grajaú, sendo o afluente do Rio pela margem esquerda o Riacho do Porcos que corta o centro da cidade até o leito do Parnaíba. Também caracterizado por elevada interferência humana, sendo observadas atividades de pesca, cultivos agrícolas e o desenvolvimento de comércio e lazer pela população local.

O terceiro ponto estudado (03/2018) está localizado em um povoado denominado Manga, divididos pelo Rio, onde a margem direita pertence ao município de Floriano (PI) e a margem esquerda ao povoado de Barão de Grajaú (MA) - (Figura 3).

Figura 3: Imagens do Ponto da Manga (03/2018).




Fonte: Arquivo pessoal.

O Rio Parnaíba, neste trecho possui um relevo marcado pela presença de rochas sedimentares, que no período de seca ficam expostas e formam várias lagoas com inexistência de correntezas, que são utilizadas como áreas de lazer, mas apresenta mata ciliar composta de árvores, arbustos e algumas macrófitas aquáticas. Embora o ponto 03/2018 esteja inserido em um povoado e apresente múltiplos usos, ainda apresenta menos impactos antrópicos que os pontos 01/2018 e 02/2018, o que pode ser evidenciado pela aplicação do PAR, onde este ponto recebeu pontuações maiores que os demais pontos e fora classificado como um ambiente alterado.

O Ponto da Manga apresenta margens com mata ciliar composta de árvores, arbustos e algumas macrófitas aquáticas, porém, em contraste à vegetação, também foram encontradas residências.

O leito do Rio é composto de seixos, areia e em alguns pontos, lama. Nas rochas em contato com a água foram encontradas, neste período, uma quantidade significativa de microalgas, formando massas de textura e coloração típicas do grupo Chlorophyta. As árvores e arbustos das margens apresentaram também comunidades de líquens e fungos diversos.

Além das atividades de lazer, foram identificados os usos de pesca de subsistência, navegação, extração de seixos dos bancos de substratos do leito do Rio não submersos neste período de seca para a construção civil, e atividades agropastoris.



A população do Povoado da Manga, situada na margem esquerda e, portanto, localizada no Estado do Maranhão, também constitui uma população carente e dependente do Rio Parnaíba para sua subsistência.

Os resultados do questionário socioeconômico da população ribeirinha, demonstraram que 85% da população possui de 1 a 3 salários mínimos, que 60% trabalham com alguma atividade que envolve diretamente o Rio, todos (100%) dependem diretamente do rio para realizar suas atividades domésticas, porque as águas do Rio Parnaíba é a reserva de abastecimento público de toda a região e todos afirmaram ter consciência da importância do Parnaíba para a população, mas que não realizam nenhuma medida de conservação deste ecossistema.

O primeiro passo para a resolução dos problemas socioambientais gerados pela falta ou má gestão dos recursos hídricos é o desenvolvimento de metodologias de diagnóstico eficientes, a proposição de medidas conservadoras, fiscalização e a conscientização da sociedade em geral a fim de firmar o objetivo, promulgado pela Agenda 21, documento da Organização das Nações Unidas (ONU), sobre a utilização da água, que deve ter como prioridades a satisfação das necessidades básicas e a preservação dos ecossistemas (BUSS et al., 2003).

CONSIDERAÇÕES FINAIS


Pesquisas e trabalhos de Educação e Gestão Ambiental refletem a preocupação da sociedade humana, sobre a utilização dos recursos naturais, incluindo a necessidade de mitigar problemas e buscar a maneira adequada de exploração, transformação e consumo, para que estas etapas sejam otimizadas e a capacidade de suporte do Planeta não seja alcançada em seu limite, assim como sua exaustão evitada ou protelada por um longo prazo.

O método de avaliação de habitats com base na avaliação visual constitui-se em uma ferramenta simples e dinâmica para atividades de investigação científica e um eficiente recurso didático para explorar questões relacionadas à avaliação de impacto ambiental de bacias hidrográficas.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

BARROS, D. A.; BORGES, L. A. C.; NASCIMENTO, G. O.; PEREIRA, J. A. A.; REZENDE, J. L. P.; SILVA, R. A. Breve análise dos instrumentos da política de gestão ambiental brasileira. **Política & Sociedade** - Florianópolis - v. 11, n. 22, 2012.

BIZZO, M. R. O.; MENEZES, J.; ANDRADE, S. F. Protocolos de avaliação rápida de rios (par). **Caderno de Estudos Geoambientais (CADEGEO)**. v. 4, n. 1, 2014.



BRANDÃO, L. H.; DOMINGOS, P. Fatores ambientais para a floração de cianobactérias tóxicas. **Saúde & Meio Ambiente em revista**, v. 1, n. 2, 2006.

BUSS, D. F.; BAPTISTA, D. F.; NESSIMIAN, J. L. Bases conceituais para a aplicação de biomonitoramento em programas de avaliação da qualidade da água de rios. **Cad. Saúde Pública**: Rio de Janeiro. v. 19, n. 2, 2003.

CALLISTO, M.; FERREIRA, W.; MORENO, P.; GOULART, M. D. C.; PETRUCIO, M. Aplicação de um protocolo de avaliação rápida da diversidade de habitats em atividades de ensino e pesquisa (MG-RJ). **Acta Limnológica Brasiliense**, Sorocaba, v. 14, n. 1, p. 91-98, 2002.

CALLISTO, M.; MORENO, P. Bioindicadores como ferramenta para o manejo, gestão e Conservação ambiental. IIº Simpósio Sul de Gestão e Conservação Ambiental URI/Campus de Erechim – Erechim/RS, 2006.

CARVALHO, E. M.; BENTOS, A. B.; PEREIRA, N. S. Avaliação rápida da diversidade de habitats em um ambiente Lótico. **Interbio**. v. 8 n. 1, 2014.

CERQUEIRA, W. **Região Hidrográfica do Parnaíba**. Disponível em: <http://mundoeducacao.bol.uol.com.br/geografia/regiao-hidrografica-parnaiba.htm>. Acesso em: fevereiro de 2018.

KRUPEK, R. A. Análise comparativa entre duas bacias hidrográficas utilizando um protocolo de avaliação rápida da diversidade de habitats. **Ambiência**, Guarapuava, v. 6, n. 1, p. 147-158, 2010.

MARTINELLI, L. A.; KRUSCHE, A. V. Amostragem em Rios. In: BICUDO, C. E. M. e BICUDO, D. C. (Orgs). **Amostragem em limnologia**. São Carlos: Rima, p. 263-279, 2004.

MOURA, A. N.; ARAÚJO, E. L.; BITTENCOURT-OLIVEIRA, M. C.; PIMENTAL, R. M. M.; ALBUQUERQUE, U. P. **Reservatórios do Nordeste do Brasil: Biodiversidade, Ecologia e Manejo**. Bauru, SP: Nuppea, 2010. 576p.

MOURA, A. N.; ARAÚJO, E. L.; BITTENCOURT-OLIVEIRA, M. C.; PIMENTAL, R. M. M.; ALBUQUERQUE, U. P. **Reservatórios do Nordeste do Brasil: Biodiversidade, Ecologia e Manejo**. Bauru, SP: Nuppea, 2010. 576p.

MORAES, C. D.; D'AQUINO, C. A. Avaliação de impacto ambiental: uma revisão da literatura sobre as principais metodologias. 5º Simpósio de Integração Científica e Tecnológica do Sul Catarinense – SICT-Sul, 2016.

OLIVEIRA, F. M.; NUNES, T. S. Aplicação de protocolo de avaliação rápida para caracterização da qualidade ambiental do manancial de captação (Rio Pequeno) do município de Linhares, ES. **Natureza on line**. v. 13, n. 2, p. 86-91, 2015.

PORTAL BRASIL. **Bacia do Parnaíba**. Disponível em: <http://www.brasil.gov.br/infraestrutura/2014/08/saiba-sobre-a-bacia-do-parnaiba>. Acesso em: fevereiro de 2014.

TOWNSEND, C. R.; BEGON, M.; HARPER, J. L. **Fundamentos em Ecologia**. 3 ed. Porto Alegre: Artmed, 2010. 576 p.



TUNDISI, J.G.; TUNDISI, T.M. **Limnologia**. 1º ed., São Paulo: Oficina de Texto, 2008. 631p.



CAPÍTULO 7

MINIMIZAÇÃO DA VAZÃO DE AERAÇÃO EM UM SISTEMA DE LODOS ATIVADOS

Maurício Carvalho Matheus, D.Sc., COPPE/UFRJ


RESUMO

Considerando-se o amplo emprego do processo de lodos ativados (PLA) para o tratamento secundário de águas residuárias, é importante que seus parâmetros operacionais sejam criteriosamente escolhidos de forma a, simultaneamente, enquadrar o efluente tratado (quanto às restrições ambientais legais) e minimizar o consumo de energia e recursos. Ferramentas como modelos fenomenológicos e algoritmos de otimização matemática são recursos valiosos para a correta escolha das variáveis de operação. Em um PLA, a maior parte da energia é consumida na compressão de ar para os tanques de aeração. Contudo, em parte considerável das plantas, a vazão de aeração supera excessivamente o necessário para fornecer o oxigênio ao metabolismo microbiano no tratamento biológico. Nesse sentido, neste capítulo desenvolve-se a minimização da vazão de aeração necessária para o tratamento de esgoto sanitário pelo maior PLA do mundo – a *Stickney Water Reclamation Plant*, em Illinois (E.U.A.). A otimização matemática foi executada sobre o modelo de processos previamente desenvolvido para a planta e validado com dados históricos de operação. O clássico modelo matemático ASM1 descreve as espécies e taxas reacionais presentes no modelo do processo. A otimização foi realizada no *software* MATLAB pela função nativa ‘fmincon’, pelo método do ponto interior, sendo a vazão de aeração ao longo do tanque utilizada como variável de decisão. Foi obtido um mínimo de 2387,2 m³/d de aeração por válvula na operação do PLA, indicando uma redução máxima possível de 77% em relação à vazão nominal de aeração (10361 m³/d).

PALAVRAS-CHAVE: tratamento de efluentes; processo de lodos ativados; vazão de aeração; otimização matemática; método do ponto interior

1. INTRODUÇÃO

Os efluentes gerados pela atividade humana, seja doméstica ou industrial, podem conter elevada carga de material orgânico e de nutrientes (como N e P), dentre outros componentes com elevado potencial de deteriorar a qualidade de corpos d’água receptores (DEZOTTI, 2008). Diversos setores da sociedade têm adquirido cada vez mais a consciência de que o tratamento de águas residuárias tem importância fundamental no combate à poluição de águas superficiais. Isso tem levado à necessidade de sistemas de tratamento com a maior eficiência possível, tanto de remoção de poluentes quanto de custo atrelado à construção e operação da planta (DEZOTTI, 2008). Tais desafios traduzem-se em crescente complexidade no projeto e operação



de plantas de tratamento. Para projetar a planta, otimizar, e controlar a sua operação, é necessário o uso de modelos matemáticos dinâmicos (HENZE, 2005).

Dentre os processos que utilizam microrganismos (MOs) para a degradação biológica de matéria orgânica e nutrientes (tratamento secundário), o processo de lodos ativados (PLA) aeróbio é um dos mais utilizados e de maior custo-benefício, uma vez que possui baixo custo e elevado potencial de degradação dos poluentes (DEZOTTI, 2008).

A maior planta de lodos ativados no mundo é a *Stickney Water Reclamation Plant* (SWRP), localizada em Chicago, Illinois – E.U.A. Ganesan (2013 apud OZTURK, TEYMOUR, 2014) desenvolveu, calibrou e validou um modelo para a planta com base em dados históricos de sua operação (OZTURK, TEYMOUR, 2014). Um dos possíveis propósitos de desenvolver um modelo matemático para uma estação de tratamento de águas residuárias, é a obtenção de parâmetros operacionais ótimos (HENZE, 2005).

Plantas municipais frequentemente empregam maiores taxas de aeração do que o necessário. Nesse sentido, decidiu-se minimizar a vazão de aeração necessária no tanque de aeração do PLA da SWRP - respeitando as restrições dadas pelos limites regulatórios locais de descarte de efluentes - tendo como variável de decisão a própria vazão de aeração.

2. DESCRIÇÃO DA PLANTA E DO MODELO DO PROCESSO

O tratamento secundário da SWRP consiste em quatro baterias de aeração e sedimentação. Cada bateria contém oito tanques paralelos de aeração, cada um com 528 m de comprimento (4 passes de 132 m), largura de 10,4 m e profundidade de 4,6 m. Ao longo de cada tanque, 48 válvulas de aeração estão dispostas (OZTURK, TEYMOUR, 2014). A Figura 1 mostra a planta de tratamento vista por satélite.

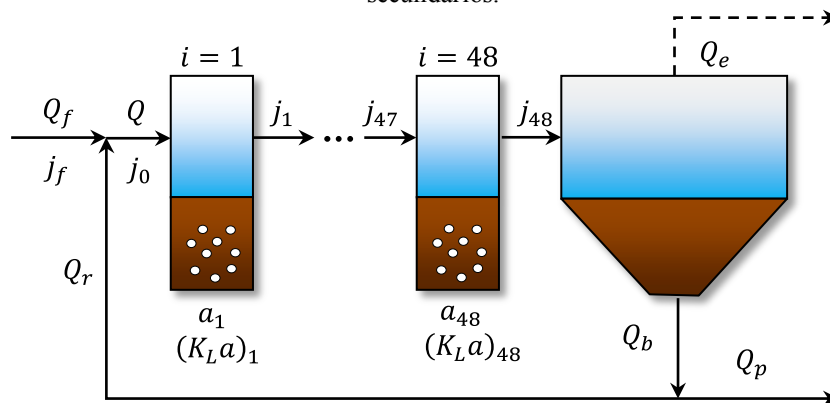
Figura 1: As quatro baterias paralelas do processo de lodos ativados da SWRP.



Fonte: Google Maps “Stickney Water Reclamation Plant”, vista de satélite.

Seu modelo dinâmico considera cada tanque como um PFR (*Plug Flow Reactor*) discretizado em uma série de 48 reatores contínuos de mistura completa (CSTR, *Continuous Stirred-Tank Reactor*) – cada um com volume de 526 m^3 -, baseando-se nas 48 válvulas de aeração ao longo do comprimento dos tanques. Cada tanque ainda é seguido por sedimentadores secundários que tem parte do lodo sedimentado recirculado para a alimentação. A Figura 2, então, apresenta um diagrama esquemático do tanque discretizado com o sedimentador.

Figura 2: Representação esquemática do tanque de aeração discretizado seguido dos sedimentadores secundários.



Fonte: Adaptado de (OZTURK, TEYMOUR, 2014).

De acordo as considerações feitas por Ganesan (2013 apud OZTURK, TEYMOUR, 2014), as equações (1) e (2) representam, respectivamente, o balanço de massa para cada espécie j e para o oxigênio dissolvido em um tanque de aeração discretizado, com $i \in [1,48]$. Como o modelo contém 10 variáveis de estado (concentrações de 10 espécies), sua dinâmica é representada por 480 equações diferenciais ordinárias não lineares. Suas variáveis e parâmetros estão definidos na Tabela 1.

$$\frac{dj_i}{dt} = \frac{Q}{V}(j_{i-1} - j_i) + r_{j_i} \quad (1)$$

$$\frac{dS_{O_i}}{dt} = \frac{Q}{V}(S_{O_{i-1}} - S_{O_i}) + (K_L a)_i(S_O^{sat} - S_{O_i}) + r_{S_{O_i}} \quad (2)$$

É relevante ressaltar que a análise de bifurcação realizada pelo estudo de onde foi obtido o modelo do processo (OZTURK, TEYMOUR, 2014) avalia o modelo no estado estacionário de modo que o sistema acima se torna um sistema de 480 equações algébricas não-linear, não necessitando de condições iniciais na sua resolução.

Tabela 1: Variáveis e parâmetros do modelo do processo desenvolvido por Ganesan (2013 apud OZTURK, TEYMOUR, 2014) para os tanques de aeração da *SWRP*.

Símbolo	Descrição
i	- Índice referente ao i-ésimo CSTR da discretização.
j_i	- Concentração de espécie no i-ésimo CSTR da discretização (variáveis de estado, Tabela 2).
r_{j_i}	- Taxa líquida de geração/consumo da espécie j no i-ésimo CSTR da discretização.
Q	- Vazão afluyente ao tanque de aeração.
V	- Volume do tanque de aeração.
S_O^{sat}	- Concentração de saturação de oxigênio na água (aproximadamente 9,6 mg/L a 17,5°C).
$(K_L a)_i$	- Coeficiente de transferência de massa ar-água para o oxigênio.
a_i	- Vazão volumétrica local de ar, no i-ésimo CSTR da discretização.

Fonte: Adaptado de (OZTURK, TEYMOUR, 2014).

O modelo foi validado com a utilização de dados de 3002 dias de operação da planta de variáveis críticas ao processo, como DBO₅ (demanda bioquímica de oxigênio), nitrogênio amoniacal e oxigênio dissolvido (OD). Segundo Ganesan (2013 apud OZTURK, TEYMOUR, 2014), a acurácia do modelo é de 90% no intervalo de dois desvios padrão.

Ganesan (2013 apud OZTURK, TEYMOUR, 2014) desenvolveu também uma relação empírica, novamente a partir de dados históricos, para o coeficiente de transferência de massa de oxigênio $(K_L a)_i$ com base na vazão local de ar aplicada (a_i) . A relação é válida entre 0 e 14000 m³/d e é mostrada na equação (3).

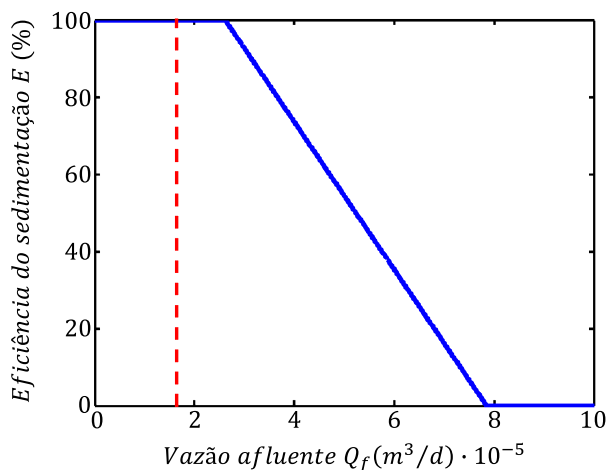
$$(K_L a)_i = \frac{1468,62 \cdot a_i^{3,41}}{3,84 \cdot 10^{12} + a_i^{3,41}} \quad (3)$$

2.1. MODELO DO DECANTADOR SECUNDÁRIO

Para realizar avaliar a qualidade do efluente que deixa o tratamento secundário, é necessário incluir um modelo do decantador secundário. Em condições normais pode-se assumir um clarificador ideal, que separa o lodo da água com quantidade negligenciável de sólidos suspensos na corrente de topo do decantador (Q_e). No entanto, para a análise

matemática, parâmetros do processo podem ser levados além de fronteiras práticas para uma completa avaliação. Portanto, foi definida uma eficiência de separação (E) em função da vazão afluente à planta (Q_f), conforme Figura 3. Um valor de 100% de eficiência indica que todos os sólidos sedimentaram e não aparecem na corrente de topo, enquanto 0% significa que a concentração de sólidos é igual no topo e no fundo do decantador (OZTURK, TEYMOUR, 2014).

Figura 3: Eficiência de sedimentação no decantador secundário como função da vazão afluente. A linha vermelha mostra a vazão máxima de projeto dos tanques de lodo ativado.



Fonte: Adaptado de (OZTURK, TEYMOUR, 2014).

A equação (4), adiante, representa a dependência da eficiência de sedimentação com a vazão afluente, conforme observada no gráfico. O termo $H(x)$ é referente à função degrau unitário (função de Heaviside).

$$E = 100 + (-0,00019Q_f + 50,06) \cdot H(Q_f - 263000) - (-0,00019Q_f + 150,06) \cdot H(Q_f - 787000) \quad (4)$$

2.2. DESCRIÇÃO DAS TAXAS LÍQUIDAS DE REAÇÃO r_j (MODELO ASM1)

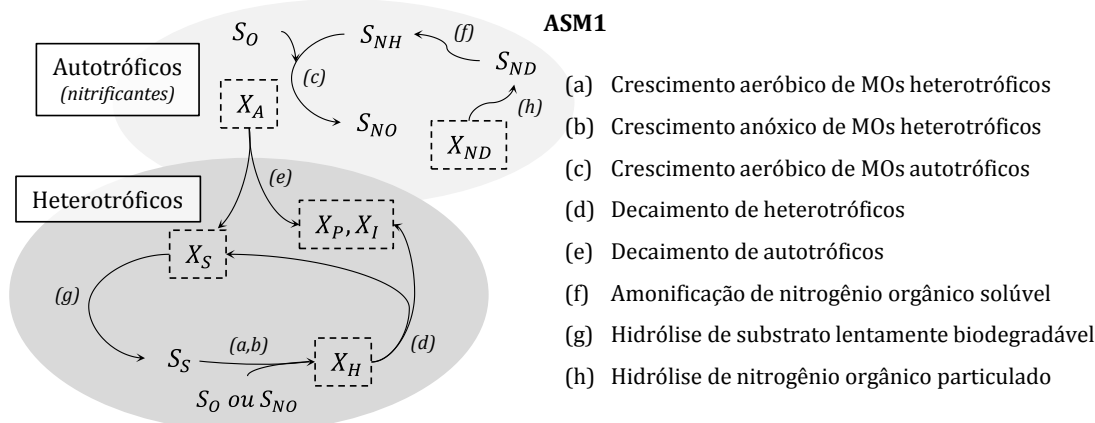
O modelo de processo desenvolvido por Ganesan baseou-se no conhecido modelo nº1 para lodos ativados (*Activated Sludge Model nº1* – ASM1), considerando 10 espécies distintas (OZTURK, TEYMOUR, 2014), entre as 13 descritas pelo ASM1 (HENZE, GUJER, *et al.*, 2000, JEPPSSON, 2009). Para cada espécie j , as taxas líquidas de geração/consumo (r_j) tem equações definidas pelo o ASM1 e listadas na Tabela 2, com base na ocorrência simultânea de 8 processos químicos e biológicos de transformação entre as espécies, conforme ilustrado na Figura 4 (HENZE, GUJER, *et al.*, 2000, JEPPSSON, 2009, OZTURK, TEYMOUR, 2014).

Tabela 2: Taxas líquidas de geração e consumo (r_j) das espécies consideradas do modelo ASM1.

Espécie j	Taxas líquidas de geração/consumo (r_j)
X_{BH} : Biomassa heterotrófica ^A	$\hat{\mu}_H \left(\frac{S_S}{K_S + S_S} \right) \left[\left(\frac{S_O}{K_{O,H} + S_O} \right) + \eta_g \left(\frac{K_{O,H}}{K_{O,H} + S_O} \right) \left(\frac{S_{NO}}{K_{NO} + S_{NO}} \right) \right] X_{BH} - b_H X_{BH}$
X_{BA} : Biomassa autotrófica ^A	$\hat{\mu}_A \left(\frac{S_{NH}}{K_{NH} + S_{NH}} \right) \left(\frac{S_O}{K_{O,A} + S_O} \right) X_{BA} - b_A X_{BA}$
X_S : Substrato lentamente biodegradável ^A	$-k_h \frac{X_S/X_{BH}}{K_X + X_S/X_{BH}} \left[\left(\frac{S_O}{K_{O,H} + S_O} \right) + \eta_h \left(\frac{K_{O,H}}{K_{O,H} + S_O} \right) \left(\frac{S_{NO}}{K_{NO} + S_{NO}} \right) \right] X_{BH} + (1 - f_P)(b_H X_{BH} + b_A X_{BA})$
S_S : Substrato prontamente biodegradável ^A	$\left[-\frac{\hat{\mu}_H}{Y_H} \left(\frac{S_S}{K_S + S_S} \right) \right] \left\{ \left(\frac{S_O}{K_{O,H} + S_O} \right) + \eta_g \left(\frac{K_{O,H}}{K_{O,H} + S_O} \right) \left(\frac{S_{NO}}{K_{NO} + S_{NO}} \right) \right\} X_{BH} + k_h \frac{X_S/X_{BH}}{K_X + X_S/X_{BH}} \left\{ \left(\frac{S_O}{K_{O,H} + S_O} \right) + \eta_h \left(\frac{K_{O,H}}{K_{O,H} + S_O} \right) \left(\frac{S_{NO}}{K_{NO} + S_{NO}} \right) \right\} X_{BH}$
X_P : Inertes provenientes de decaimento celular ^A	$f_P (b_H X_{BH} + b_A X_{BA})$
X_{ND} : Nitrogênio orgânico particulado ^B	$-k_h \frac{X_{ND}/X_{BH}}{K_X + X_S/X_{BH}} \left\{ \left(\frac{S_O}{K_{O,H} + S_O} \right) + \eta_h \left(\frac{K_{O,H}}{K_{O,H} + S_O} \right) \left(\frac{S_{NO}}{K_{NO} + S_{NO}} \right) \right\} X_{BH} + (i_{XB} - f_P i_{XP})(b_H X_{BH} + b_A X_{BA})$
S_{ND} : Nitrogênio orgânico dissolvido ^B	$k_h \frac{X_{ND}/X_{BH}}{K_X + X_S/X_{BH}} \left\{ \left(\frac{S_O}{K_{O,H} + S_O} \right) + \eta_h \left(\frac{K_{O,H}}{K_{O,H} + S_O} \right) \left(\frac{S_{NO}}{K_{NO} + S_{NO}} \right) \right\} X_{BH} - k_a S_{ND} X_{BH}$
S_{NH} : Nitrogênio amoniacal ^B	$\left[-i_{XB} \hat{\mu}_H \left(\frac{S_S}{K_S + S_S} \right) \left\{ \left(\frac{S_O}{K_{O,H} + S_O} \right) + \eta_g \left(\frac{K_{O,H}}{K_{O,H} + S_O} \right) \left(\frac{S_{NO}}{K_{NO} + S_{NO}} \right) \right\} \right] X_{BH} + k_a S_{ND} X_{BH} - \hat{\mu}_A \left(i_{XB} + \frac{1}{Y_A} \right) \left(\frac{S_{NH}}{K_{NH} + S_{NH}} \right) \left(\frac{S_O}{K_{O,A} + S_O} \right) X_{BA}$
S_{NO} : $\text{NO}_x^- \text{N}^B$	$-\hat{\mu}_H \eta_g \left(\frac{1 - Y_H}{2,86 Y_H} \right) \left(\frac{S_S}{K_S + S_S} \right) \left(\frac{K_{O,H}}{K_{O,H} + S_O} \right) \left(\frac{S_{NO}}{K_{NO} + S_{NO}} \right) X_{BH} + \frac{\hat{\mu}_A}{Y_A} \left(\frac{S_{NH}}{K_{NH} + S_{NH}} \right) \left(\frac{S_O}{K_{O,A} + S_O} \right) X_{BA}$
S_O : Oxigênio dissolvido ^A	$-\hat{\mu}_H \left(\frac{1 - Y_H}{Y_H} \right) \left(\frac{S_S}{K_S + S_S} \right) \left(\frac{S_O}{K_{O,H} + S_O} \right) X_{BH} - \hat{\mu}_A \left(\frac{4,57 - Y_A}{Y_A} \right) \left(\frac{S_{NH}}{K_{NH} + S_{NH}} \right) \left(\frac{S_O}{K_{O,A} + S_O} \right) X_{BA}$
S_I : Orgânicos solúveis inertes ^A	Descrito pelo ASM1, mas desconsiderado no modelo da SWRP.
X_I : Orgânicos sólidos inertes ^A	Orgânicos sólidos inertes: descrito pelo ASM1, mas desconsiderado no modelo da SWRP.
S_{ALK} : Alcalinidade (mol/L)	Alcalinidade: descrito pelo ASM1, mas desconsiderado no modelo da SWRP.

^A $gDQO/m^3$ ($\equiv gO_2/m^3$); ^B gN/m^3 ; **Fonte:** Adaptado de (HENZE, GUJER, *et al.*, 2000, JEPSSON, 2009, OZTURK, TEYMOUR, 2014).

Figura 4: Processos bioquímicos no modelo ASM1 que correlacionam as espécies listadas na Tabela 2.



Fonte: Adaptado de (HENZE, 2005).

Os diversos parâmetros contidos nas equações de taxa da Tabela 2, são de caráter estequiométrico e cinético. Suas definições estão descritas na Tabela 3, bem como seus valores padrão e unidades (Tabela 4), conforme apresentados na literatura (HENZE, GUJER, *et al.*, 2000, JEPSSON, 2009). Uma vez que os autores do artigo em estudo referiram-se indiretamente aos valores dos parâmetros que foram utilizados como “os valores padrão encontrados na literatura” (OZTURK, TEYMOUR, 2014), decidiu-se utilizar neste estudo os valores a 20°C, temperatura mais próxima à observada em um dia representativo (17,4°C).

Tabela 3: Definições dos parâmetros cinéticos e estequiométricos das equações contidas no modelo ASM1.

Símbolo	Descrição
<i>Parâmetros estequiométricos</i>	
Y_A	Rendimento autotrófico.
Y_H	Rendimento heterotrófico.
f_P	Fração de biomassa rendendo produtos particulados inertes.
i_{XB}	(Massa de N/massa DQO) na biomassa (nitrogênio contido em X_{BH} e X_{BA}).
i_{XP}	(Massa de N/massa DQO) em produtos particulados inertes da biomassa (nitrogênio contido em X_P).
<i>Parâmetros cinéticos</i>	
$\hat{\mu}_H$	Taxa específica máxima de crescimento heterotrófico.
K_S	Coefficiente de meia saturação para heterotróficos.
$K_{O,H}$	Coefficiente de meia saturação de oxigênio para heterotróficos.
K_{NO}	Coefficiente de meia saturação de nitrato para heterotróficos desnitrificantes (crescimento anóxico).
b_H	Taxa de decaimento heterotrófico.
η_g	Fator de correção para o crescimento anóxico de heterotróficos.
η_h	Fator de correção para hidrólise anóxica.
k_h	Taxa específica máxima de hidrólise.
K_X	Coefficiente de meia saturação para hidrólise de substrato lentamente biodegradável.
$\hat{\mu}_A$	Taxa específica máxima de crescimento autotrófico.
b_A	Taxa de decaimento autotrófico.
K_{NH}	Coefficiente de meia saturação de nitrogênio amoniacal para autotróficos.
$K_{O,A}$	Coefficiente de meia saturação de oxigênio para autotróficos.
k_a	Taxa de amonificação.

Fonte: Adaptado de (HENZE, GUJER, *et al.*, 2000).

Tabela 4: Valores típicos para os parâmetros contidos nas expressões das taxas de reação do modelo ASM1.

Símbolo	Unidade	Valor		Literatura
		20°C	10 °C	
Parâmetros estequiométricos				
Y_A	$gDQO_{biomassa}/gN_{oxidado}$	0,24	0,24	0,07 – 0,28
Y_H	$gDQO_{biomassa}/gDQO_{oxidada}$	0,67	0,67	0,38 – 0,75
f_P	-	0,08	0,08	-
i_{XB}	$gN_{biomassa}/gDQO_{biomassa}$	0,086	0,086	-
i_{XP}	$gN/gDQO$ (em massa endógena)	0,06	0,06	-
Parâmetros cinéticos				
$\hat{\mu}_H$	d^{-1}	6,0	3,0	0,6 – 13,2
K_S	$gDQO/m^3$	20,0	20,0	5 – 225
$K_{O,H}$	gO_2/m^3	0,20	0,20	0,01 – 0,20
K_{NO}	$gNO_3 - N/m^3$	0,50	0,50	0,1 – 0,5
b_H	d^{-1}	0,62	0,20	0,05 – 1,6
η_g	-	0,8	0,8	0,6 – 1,0
η_h	-	0,4	0,4	-
k_h	$gDQO_{lentamente} / (gDQO_{biomassa} \cdot d)$ biodegradável	3,0	1,0	-
K_X	$gDQO_{lentamente} / gDQO_{biomassa}$ biodegradável	0,03	0,01	-
$\hat{\mu}_A$	d^{-1}	0,80	0,3	-
b_A	d^{-1}	0,20	0,10	0,05 – 0,2
K_{NH}	$gNH_3 - N/m^3$	1,0	1,0	-
$K_{O,A}$	gO_2/m^3	0,4	0,4	0,4 – 2,0
k_a	$m^3/(gDQO \cdot d)$	0,08	0,04	-

Fonte: Adaptado de (JEPPSSON, 2009).

2.3. CONDIÇÕES DE ENTRADA NOS TANQUES DE AERAÇÃO

No intuito de resolver o modelo e o problema de otimização proposto, no estado estacionário, ainda é necessário conhecer previamente as características da corrente afluenta (Q, j_0) a cada tanque de aeração. Com base em dados operacionais históricos da SWRP, entre 2001 e 2009, Ganesan foi capaz de obter características afluentes de um dia representativo. No artigo em estudo, tais características não foram explicitamente apresentadas de forma que as concentrações j_0 utilizadas foram estimadas graficamente a partir dos perfis de concentração ao longo do tanque de aeração, apresentados na figura de número 4 do artigo em estudo (OZTURK, TEYMOUR, 2014). Já a vazão de entrada utilizada neste estudo será a capacidade de projeto do tanque de aeração. Assim, as características representativas de entrada do tanque estão resumidas na Tabela 5 e equações (5) a (14) (essas igualdades simples foram numeradas como equações para mais fácil referência adiante).

Tabela 5: Características afluentes de um dia representativo para cada tanque de aeração.

Parâmetro Afluente	Valor Correspondente
Temperatura (T)	17,4 Cº
Vazão afluente (Q)	141953 m ³ /d (21,24 MGD)
Taxa de aeração (a) por válvula	10361 m ³ /d

Fonte: Adaptado de (OZTURK, TEYMOUR, 2014).

$$X_{BH_0} = 1227,1 \text{ mg/L} \quad (5)$$

$$X_{BA_0} = 138,3 \text{ mg/L} \quad (6)$$

$$X_{S_0} = 26,6 \text{ mg/L} \quad (7)$$

$$S_{S_0} = 59,7 \text{ mg/L} \quad (8)$$

$$X_{P_0} = 1569,4 \text{ mg/L} \quad (9)$$

$$X_{ND_0} = 6,9 \text{ mg/L} \quad (10)$$

$$S_{ND_0} = 19,7 \text{ mg/L} \quad (11)$$

$$S_{NH_0} = 13,9 \text{ mg/L} \quad (12)$$

$$S_{NO_0} = 27,2 \text{ mg/L} \quad (13)$$

$$S_{O_0} = 6,35 \text{ mg/L} \quad (14)$$

3. FORMULAÇÃO DO PROBLEMA DE OTIMIZAÇÃO

Algumas estratégias de decisão possíveis e plausíveis seriam: i) achar um valor ótimo de vazão de aeração igual para todas as válvulas de aeração em cada tanque; ii) encontrar um perfil ótimo de aeração em função do comprimento do tanque; iii) obter um valor ótimo de vazão reciclo a partir do sedimentador secundário. Diversas funções objetivo seriam admissíveis para cada uma dessas estratégias, dentre elas: minimizar o gasto de energia com a aeração; minimizar custos operacionais; maximizar a remoção de nitrogênio total; maximizar a eficiência de remoção de matéria orgânica e/ou nitrogênio; etc. Além disso, opções multiobjetivos também se fazem possíveis.

Uma vez que as plantas de tratamento municipais frequentemente aplicam taxas de aeração maiores que o necessário (OZTURK, TEYMOUR, 2014), a variável de decisão será o valor da vazão de aeração, igual para todas as válvulas no tanque ($a_1 = \dots = a_i = \dots = a_{48} = a$). Observa-se que, por simplicidade, a busca não será por um perfil ótimo variável de vazão de aeração ao longo do tanque. Contudo essa seria uma estratégia ainda melhor, com potencial de gerar as maiores economias e melhor qualidade do efluente tratado. Portanto, no âmbito de encontrar a vazão de aeração mínima a função objetivo do problema de otimização (g) é definida como a própria vazão de aeração por válvula (a), sujeita a atender restrições de igualdade e desigualdade.

As restrições de igualdade são as equações de balanço de massa não-lineares do modelo de processo - (1) e (2) -, no estado estacionário, ou seja, com $dj_i/dt = 0$. Nessas equações tem-se: KLa dado por (3); as taxas líquidas de reação (r_{j_i}) dadas pelo ASM1 (Tabela 2); os parâmetros do ASM1 dados pela Tabela 4 (a 20°C); e as condições representativas de entrada do tanque de aeração pela Tabela 5 e equações (5) a (14).

Por sua vez, as restrições de desigualdade estão associadas às concentrações permitidas de descarte de efluentes dadas pelo *National Pollutant Discharge Elimination System (NPDES)*. As principais restrições aplicáveis ao modelo utilizado estão representadas na Tabela 6 (OZTURK, TEYMOUR, 2014).

Tabela 6: Limites de descarga do *NPDES* aplicáveis à *SWRP*.

Poluente	Descarga Permitida
DBO ₅	4-30 mg/L (média mensal)
Sólidos suspensos	5-30 mg/L (média mensal)
NH ₃ -N	2,5 mg/L (média mensal) abril a outubro
NH ₃ -N	5,0 mg/L (limite diário) abril a outubro
NH ₃ -N	4,0 mg/L (média mensal) novembro a março
NH ₃ -N	8,0 mg/L (limite diário) novembro a março

Fonte: adaptado de (OZTURK, TEYMOUR, 2014).

Tomando as fronteiras mais rigorosas possíveis, os dados da Tabela 6 traduzem-se nas restrições de desigualdade (15) a (17). Observa-se que o fator 0,68, na desigualdade (15), é uma relação tipicamente utilizada entre DBO₅ e DBO_u (VON SPERLING, 2007).

$$0,68[S_{S_{48}} + (1 - E)X_{S_{48}}] \leq 4 \text{ mgDBO}_5/L \quad (15)$$

$$(1 - E)(X_{BH_{48}} + X_{BA_{48}} + X_{S_{48}} + X_{P_{48}}) \leq 5 \text{ mg/L} \quad (16)$$

$$S_{NH_{48}} \leq 2,5 \text{ mg/L} \quad (17)$$

Trata-se, conforme classificações típicas de um problema de otimização matemática (BIEGLER, 2010), de um problema de programação não linear (*Nonlinear Programming – NLP*), com função objetivo e restrições de desigualdade lineares; restrições de igualdade não lineares; e todas as variáveis contínuas. A Figura 5 resume o problema de otimização.

Figura 5: Formulação resumida do problema de otimização.

Problema de otimização:

$$\text{função objetivo: } \min_a g(a) = a$$

sujeito a:

- restrições de igualdade: (1), (2) $c/ i \in [1,48]$;
- restrições de desigualdade: (15), (16), (17).

Variáveis (481):

- 480 variáveis de estado (concentrações de 10 espécies · 48 CSTR);
- 1 relacionada à aeração (a).

Equações (480):

- 480 equações de balanço de massa - (1) e (2) com $i \in [1,48]$ -;

Graus de liberdade (1):

- (481 variáveis – 480 equações) = 1 grau de liberdade
- Portanto, uma variável de decisão (a).

4. METODOLOGIA

A resolução computacional do problema de otimização proposto requer a implementação do modelo em um software matemático que possa processá-lo eficientemente. Nesse sentido, escolheu-se implementar o modelo no MATLAB[®], versão R2011b. A validação do modelo implementado foi realizada reproduzindo os perfis das concentrações ao longo do comprimento do tanque de aeração para as condições representativas de operação (Tabela 5), similarmente à figura 4 do artigo em estudo (OZTURK, TEYMOUR, 2014).

A partir da implementação do modelo, foi escolhido um método de programação não linear para a resolução do problema (BIEGLER, 2010). A função nativa ‘*fmincon*’ do MATLAB oferece quatro opções de algoritmos de NLP. Dentre os possíveis, foi escolhido o método do ponto interior, pois este apresentou melhor velocidade de convergência comparado com outros algoritmos disponíveis (SQP, região de confiança e conjuntos ativos).

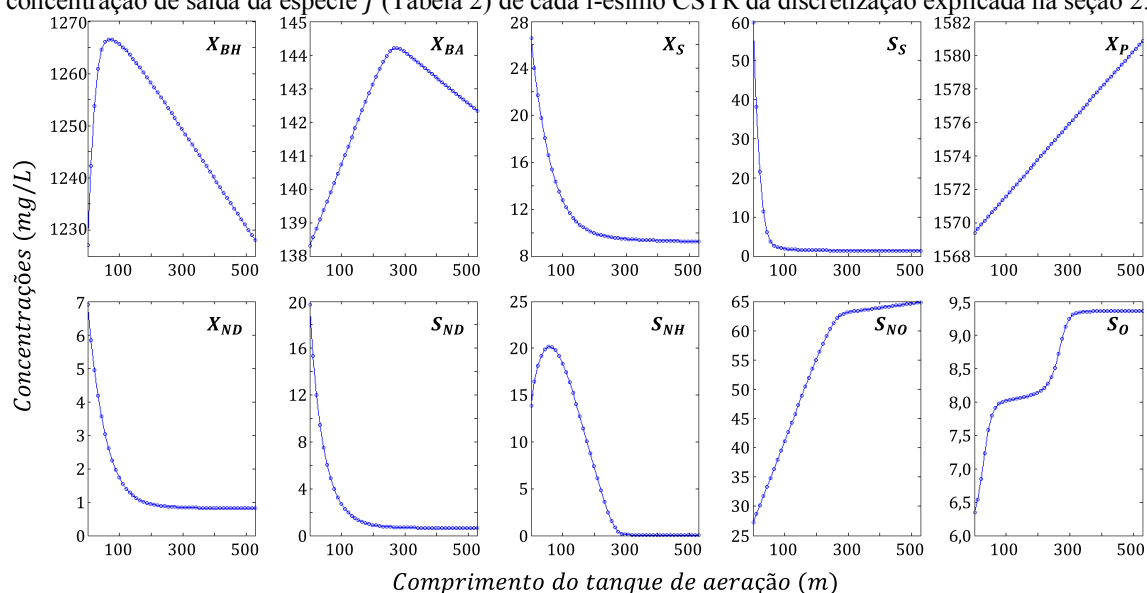
5. RESULTADOS E DISCUSSÃO

5.1. VALIDAÇÃO DA IMPLEMENTAÇÃO DO MODELO

A partir da implementação no MATLAB do modelo em seu estado estacionário representativo, os perfis das concentrações ao longo do tanque de aeração foram traçados

conforme os resultados da resolução do sistema algébrico não linear. Os resultados estão apresentados na Figura 6.

Figura 6: Perfis de concentração ao longo do comprimento de um tanque de aeração. Cada ponto representa a concentração de saída da espécie j (Tabela 2) de cada i -ésimo CSTR da discretização explicada na seção 2.



Por observação da Figura 6, pode-se dizer que a reprodução dos perfis de concentração vistos na figura 4 do artigo em estudo (OZTURK, TEYMOUR, 2014) foi bem sucedida através da implementação do modelo no MATLAB, pois os resultados são qualitativamente e quantitativamente semelhantes. As pequenas diferenças quantitativas provem de diferenças nos dados de entrada, já que os valores aqui utilizados foram apenas estimados, pois o artigo não os apresenta explicitamente. Naquele, também não são esclarecidos os valores utilizados para os parâmetros do modelo ASM1, principalmente aqueles dependentes da temperatura. Validada a implementação do modelo, possibilita-se a segura execução do procedimento de otimização.

5.2. MINIMIZAÇÃO DA VAZÃO DE AERAÇÃO

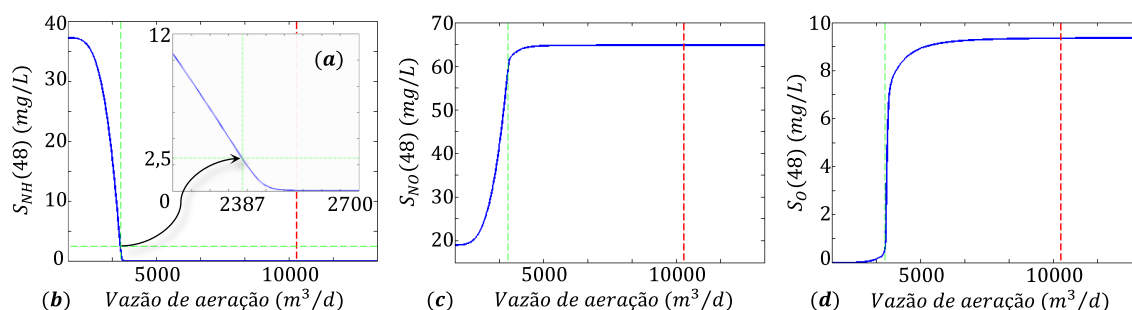
Uma vez executado o método de otimização, o resultado obtido indicou que 2387,2 m³/d é a vazão mínima de ar por válvula a ser aplicada no sistema de lodo ativado da SWRP, nas condições descritas, para garantir o tratamento adequado. Em relação à quantidade de ar normalmente aplicada, 10361 m³/d, isso representaria uma significativa redução de 77% na vazão de empregada.

No entanto, tal redução seria perigosa, pois a aplicação de ar acima da quantidade estritamente necessária é importante para manter a robustez do processo, ou seja, garantir a qualidade do efluente tratado independente de variações climáticas ou das características afluentes. Diz-se que a vazão mínima de aeração encontrada é a quantidade estritamente


necessária pelo fato de a função objetivo utilizada ser linear. Nesse sentido, é de se esperar que o resultado da otimização esteja sobre uma das restrições de desigualdade dadas. Assim, é fácil entender o porquê de a vazão mínima não deve ser adotada, já que pequenas variações no processo podem levar o resultado para fora da região viável, violando restrições de lançamento.

De fato, pelo perfil de concentração efluente de amônia em função da vazão de aeração (Figura 7), percebe-se que o ponto ótimo encontrado está sobre a restrição de lançamento de amônia adotada (17), ou seja, para $a = 2387,2 \text{ m}^3/\text{dia}$ tem-se que $S_{NH_4} = 2,5 \text{ mg/L}$. Pela análise da Figura 7 percebe-se que qualquer valor de vazão de ar menor que o ponto ótimo leva a concentração de saída de amônia a violar o requerimento de qualidade, algo que poderia acontecer por pequenos defeitos na válvula, por exemplo. Apesar de a quantidade de ar utilizada precisar conter uma margem de segurança em relação ao mínimo (2387,2 m³/d), espera-se que elevadas economias ainda sejam possíveis. De fato, caso seja adotada 50% da vazão atual, por exemplo, ainda haverá uma margem significativa para variações no processo sem comprometer o tratamento.

Figura 7: Perfis de concentração efluente de nitrogênio amoniacal (b), nitrato (c) e oxigênio (d) em função da vazão de aeração aplicada por válvula. A linha vermelha indica a vazão nominal de operação (10361 m³/d) e a verde representa o valor mínimo encontrado (2387,2 m³/d). Em (a) evidencia-se a ocorrência do ponto ótimo sobre a restrição de desigualdade de concentração efluente de amônia.



A observação da Figura 7 ainda permite discutir o comportamento dos perfis em termos das transformações bioquímicas. Os organismos autotróficos aeróbios nitrificantes são aqueles responsáveis por oxidar o nitrogênio amoniacal presente no meio, gerando nitrito e nitrato. Para faixas elevadas de vazão de aeração, como a nominal, percebe-se que as características efluentes não apresentam variação quando se diminui a aeração. Nesse caso, a razão mais provável para a insensibilidade das concentrações efluentes é que o oxigênio está se dissolvendo no meio em uma taxa maior que a de consumo de oxigênio pelos MOs aeróbios (autotróficos e heterotróficos) presentes no tanque. Conforme a vazão de aeração é reduzida abaixo de cerca de 2500 m³/d, as concentrações de saída começam variar. Isso indica uma inversão da situação: os microrganismos estão consumindo oxigênio e degradando os poluentes em uma taxa maior



do que a transferência de massa de oxigênio ar-água é capaz de repor. A partir desse ponto, o oxigênio dissolvido passa a ser um limitante para a ocorrência do metabolismo da microbiano e os poluentes não são degradados ao máximo.

Conforme o nitrogênio amoniacal não é completamente oxidado pelos organismos autotróficos, nitrito e nitrato deixam de ser gerados e, por isso, abaixo de 2500 m³/d a concentração desses começa a cair, como se observa na Figura 7c.

6. CONCLUSÕES

Apesar da ausência, ou não transparência, de certas informações no artigo-fonte do modelo do processo em estudo, que dificulta a replicabilidade de sua implementação, conseguiu-se reproduzir com o MATLAB os perfis de concentração das espécies ao longo do comprimento do tanque de aeração. Com isso, foi possível aplicar com maior segurança um método de otimização utilizando o modelo.

O resultado de vazão de aeração mínima necessária por válvula (2387,2 m³/d) demonstra que a quantidade de ar normalmente alimentada por válvula no PLA (10361 m³/d) é excessiva, implicando em desnecessários custos energéticos para a compressão do ar. Uma vez que o ponto ótimo encontrado ocorreu sobre a restrição legal de lançamento de amônia, se fez necessário avaliar o comportamento da sua concentração efluente em função da vazão de aeração. Conclui-se que, mesmo que o mínimo encontrado não possa ser aplicado por questões de robustez do tratamento, ainda há margens significativas para a redução da vazão de aeração aplicada, sem prejuízo à qualidade do efluente.

7. NOMENCLATURA

ASM1 *Activated Sludge Model n1*

CSTR *Continuous Stirred-Tank Reactor*

DBO_u Demanda Bioquímica última de Oxigênio

DBO₅ Demanda Bioquímica de Oxigênio obtida em ensaio de 5 dias de duração

DQO Demanda Química de Oxigênio

MO Microrganismo

NH₃-N Massa de nitrogênio contida na forma amoniacal

NLP *Nonlinear Programming* (programação não linear)

NPDES *National Pollutant Discharge Elimination System*



OD Oxigênio Dissolvido

PFR *Plug Flow Reactor*

PLA Processo de Lodos Ativados

SQP *Sequential Quadratic Programming*

SWRP *Stickney Water Reclamation Plant*

WRP *Water Reclamation Plant*

REFERÊNCIAS

BIEGLER, L. T. **Nonlinear Programming: Concepts, Algorithms, and Application to Chemical Processes**. 1ª ed. E.U.A., MOS-SIAM, 2010.

DEZOTTI, M. **Processos e Técnicas para o Controle Ambiental de Efluentes Líquidos**. 1st. ed. Rio de Janeiro, Brazil, E-papers, 2008.

HENZE, M., "Modeling of Aerobic Wastewater Treatment Processes". **Environmental Biotechnology: Concepts and Applications**, Weinheim, Germany, Wiley-VCH Verlag GmbH, 2005. p. 121–134. DOI: 10.1002/9783527620944.ch20.

HENZE, M., GUJER, W., MINO, T., *et al.* **ACTIVATED SLUDGE MODELS ASM1, ASM2, ASM2d AND ASM3**. 1st. ed. Londres, Reino Unido, IWA Publishing, 2000.

JEPPSSON, U. **A General Description of the IAWQ Activated Sludge Model No. 1**. . Lund, Suécia, Lund University. , 2009

OZTURK, M. C., TEYMOUR, F. "Bifurcation Analysis of Wastewater Treatment Processes", **Industrial & Engineering Chemistry Research**, v. 53, n. 45, p. 17736–17752, 12 nov. 2014. DOI: 10.1021/ie502583q. .

VON SPERLING, M. **Biological Wastewater Treatment (Volume 1: Wastewater Characteristics, Treatment and Disposal)**. 1st. ed. UK, IWA Publishing, 2007.



CAPÍTULO 8

REAPROVEITAMENTO DE CABOS METÁLICOS DE LINHAS TELEFÔNICAS

Weverton Carlos Matos de Andrade, UNIARAGUAIA

Cristina de Fátima Mattos Antunes, Coordenadora do Curso de Engenharia Civil,
UNIARAGUAIA

Milton Gonçalves da Silva Junior, Docente do curso de Engenharia Ambiental e Sanitária,
UNIARAGUAIA

Fernando Ernesto Ucker, Coordenador do Curso de Engenharia Ambiental e Sanitária,
UNIARAGUAIA


RESUMO

As instalações e manutenções de linhas de telefones fixos e transmissão de dados (*internet*) geram uma quantidade significativa de resíduos de cabos telefônicos, processo que ocorre quando os cabos não são cortados na extensão adequada para uso. Além disso, as empresas especializadas na reciclagem desse material (plástico e cobre) não são comuns no país, dificultando seu pleno aproveitamento. Sendo assim, o presente trabalho visou analisar o processo de aquisição, uso e descarte de cabos telefônicos, avaliar a possibilidade de implantação de um Sistema de Gestão Ambiental e de um Plano de Gerenciamento de Resíduos Sólidos nos processos de instalação e descarte de cabos, bem como apontar a melhora das questões ambientais e financeiras que podem existir nas empresas com o reaproveitamento desses resíduos. A metodologia utilizada incluiu um levantamento do quantitativo de cabos telefônicos adquiridos e de rompimento e manutenção de cabos metálicos. Compreendendo o mês de junho/2019 a junho/2020, os resultados encontrados apontaram um grande aumento na produção de aparas no período de seca em relação ao período chuvoso. Também foi notada, no mesmo período, que as aparas geradas correspondem aproximadamente a 20% dos cabos metálicos novos, armazenados e em uso. Portanto, protocolos devem ser adotados para os procedimentos de instalação e manutenção, aplicando métodos assertivos no corte e retirada dos cabos. Logo, a implantação do SGA e do PGRS poderá trazer benefícios para todas as esferas (operacional, técnico, administrativo, gerência e diretoria), reduzindo as perdas, otimizando os processos e gerando receita.

PALAVRAS-CHAVE: cabos; telefonia; reciclagem.

INTRODUÇÃO

A Lei nº 12.305, de 02 de agosto de 2010 (BRASIL, 2010), define resíduos sólidos como todo material, substância, objeto ou bem descartado resultante de atividades humanas em sociedade, cujas particularidades tornem inviável o seu lançamento na rede pública de esgotos ou em corpos d'água.




Já a NBR 10004 (ABNT, 2004a) caracteriza os resíduos sólidos como: resíduos nos estados sólido e semissólido, que resultam de atividades de origem industrial, doméstica, hospitalar, comercial, agrícola, de serviços e de varrição. Resíduos classe II – Não Perigosos - Classe IIB – Inertes: quaisquer resíduos que, quando amostrados de uma forma representativa, segundo a NBR 10007 (ABNT, 2004c) e submetidos a um contato dinâmico e estático com água destilada ou deionizada, à temperatura ambiente, conforme NBR 10006 (ABNT, 2004b), não tiverem nenhum de seus constituintes solubilizados a concentrações superiores aos padrões de potabilidade de água, excetuando-se aspecto, cor, turbidez, dureza e sabor.

A Lei nº 12.305, de 02 de agosto de 2010, institui a responsabilidade compartilhada pelo ciclo de vida do produto e uma gestão integrada entre o poder público, iniciativa privada e demais setores da sociedade. A mesma lei não explicita o que seriam os resíduos eletrônicos, mas apresenta o conceito de rejeitos: “resíduos sólidos que, depois de esgotadas todas as possibilidades de tratamento e recuperação por processos tecnológicos disponíveis e economicamente viáveis, não apresentem outra possibilidade que não a disposição final ambientalmente adequada”.

Para UniViçosa (2013), entende-se por Resíduos Eletroeletrônicos (REE) todos os materiais que utilizam eletricidade e se tornam obsoletos após os usos domésticos, industriais e comerciais, são exemplos os televisores, monitores, telefones, celulares, computadores, notebook, câmeras digitais, dentre outros.

As operadoras de telefonia mediante as instalações e manutenções de linhas de telefones fixos e transmissão de dados (internet) geram uma quantidade significativa de resíduos de cabos telefônicos, sendo que somente no estado de Goiás a operadora Oi é a que está em primeiro lugar no ranking de geração de resíduos de cabos telefônicos, gerando em torno de 700 a 900 kg de resíduos de cabos telefônicos por mês, decorrente da sua atividade intensa no setor da telefonia. Em segundo lugar está a operadora Vivo com geração de resíduo de cabos telefônicos na média de 200 a 350 kg mês e em terceiro lugar está a operadora Tim com 200 a 300 kg mês (OPERADORA OI, 2018).

Os cabos metálicos de telefonia têm uma importante função em trafegar milhares de dados de rede de internet até as residências, órgãos públicos e privados. Seu processo de construção é complexo e caro. O seu interior é composto pelo material cobre e ao seu redor existe um revestimento resistente de plástico que o protege de possíveis danos quando ele é lançado e instalado no local solicitado (TELEMONT, 2020).



O desgaste desses cabos se dá, na maioria das vezes, por meio de fatores externos (sol, chuva e quedas de árvores). Em bom estado, podem ser reutilizados em outras aplicações, porém quando desgastados eles tornam-se inúteis. Segundo a TELEMONT (2020), havendo a necessidade da troca dos cabos metálicos, eles são direcionados para empresas específicas que realizam o coprocessamento, reaproveitamento ou reciclagem do material. Contudo, essas empresas não são comuns no país, sendo um dos fatores que dificultam a correta destinação desses resíduos.

O plástico contido na capa dos cabos tem grande impacto negativo no meio ambiente e na saúde humana, pois pode ser transportado facilmente pela água ou pelo vento, e se acumulado em local não apropriado pode afetar negativamente sistemas de água doce, ser ingerido por animais, bloquear sistemas de drenagem como bueiros e redes pluviais. Já o cobre, devido a sua natureza metálica, também não deve ser disposto no solo ou na água, sobretudo em sua forma líquida.

Tendo em vista que uma reutilização desse tipo de material é inviável, pois para retornar ao uso das companhias telefônicas ele deveria ter uma extensão mínima e não ter sofrido quaisquer desgastes, e sabendo que a maneira como o plástico é acoplado ao cobre dificulta a separação dos componentes pelas cooperativas (que realizam um processo manual), o caminho ideal é o envio desses cabos para empresas especializadas. Além dos maquinários para fazer facilmente essa separação, essas empresas ainda realizam uma permuta com as grandes companhias, onde o resíduo é precificado e esse valor é abatido na compra de novos cabos pela geradora. Salienta-se ainda que pela Política Nacional de Resíduos Sólidos os produtos eletroeletrônicos (inclusive cabos) e seus componentes são resíduos pertencentes à Logística Reversa e, dentro desse contexto, deveriam retornar aos fabricantes, que são responsáveis pela gestão.

Sendo assim, o presente trabalho visou analisar o processo de aquisição, uso e descarte de cabos telefônicos. Além de avaliar a possibilidade de implantação de um Sistema de Gestão Ambiental na empresa e um Plano de Gerenciamento de Resíduos Sólidos (PGRS) nos processos de instalação e descarte desses cabos, e apontar a melhora das questões ambientais e financeiras que podem existir com o reaproveitamento desses resíduos.



MATERIAL E MÉTODOS

COLETA E ANÁLISE DE DADOS

A fim de esclarecer a importância de reaproveitar os resíduos de cabos telefônicos, foi realizado um levantamento de dados obtidos através do quantitativo de cabos telefônicos adquiridos, utilizados e descartados por duas Empresas, tendo em vista os valores em kg/mês e kg/dia descartados na operação de instalação ou manutenção.

Os dados obtidos foram inseridos em uma planilha, contabilizando a quantidade total de cabos adquiridos e a quantidade de aparas de cabos destinadas para descarte. As aparas tiveram seus números expressos por ano (retratação macro das perdas de material) e por mês (período em que as aparas são enviadas para a empresa executora do descarte). As aquisições de novos cabos foram retratadas em um histórico dos últimos doze meses, entre o período de junho/2019 a junho/2020.

O quantitativo encontrado através das planilhas, bem como as demais informações coletadas, apontaram o volume de material que uma empresa de telefonia perde em média por mês e por ano, para onde vão essas sobras de material e o que pode ser feito para reduzir essa perda. Após a obtenção desses dados, avaliou-se a possibilidade de implantação de um Sistema de Gestão Ambiental na empresa, bem como um Plano de Gerenciamento de Resíduos Sólidos nos processos de instalação e descarte desses cabos, e a melhora das questões ambientais e financeiras que podem existir nas empresas com o reaproveitamento desses resíduos.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Foi percebido que os números de lançamentos (instalação de novas linhas) seguem uma linearidade durante o período de seca e diminuem significativamente na época das chuvas. Já a manutenção da rede no período da seca sofre um aumento devido às queimadas e no período chuvoso esse número diminui, tendo em vista que os reparos advindos das quedas de árvores e outros fatores são menores do que os reparos realizados em consequência de queimadas.

A TELEMONT trabalha de forma que seu estoque de cabos sempre tenha uma reserva mínima, evitando assim a falta de material para realizar as instalações e manutenções. Dessa forma, ela realiza a compra de cabos novos a cada trimestre.

São utilizadas várias especificações de cabos para as instalações aéreas e subterrâneas, compreendendo diferentes diâmetros e materiais (fibra óptica, metal, cobre). Contudo, para o

presente estudo foram utilizados apenas os quantitativos dos cabos metálicos, a fim de se alcançar os objetivos almejados. Do montante de cabos metálicos, foi levantado o saldo de cabos em trânsito e armazenados no Centro de Distribuição da empresa (Tabela 1 e 2).

Tabela 1: Cabos armazenados em trânsito no período de junho/2019 até junho/2020

Tipo de material	Quantidade (metros)
Cabo TEL MET Subterrâneo	4.005
Cabo TEL MET Aéreo	88.194
Total (metros)	92.199

Fonte: Adaptado de TELEMONT (2020).

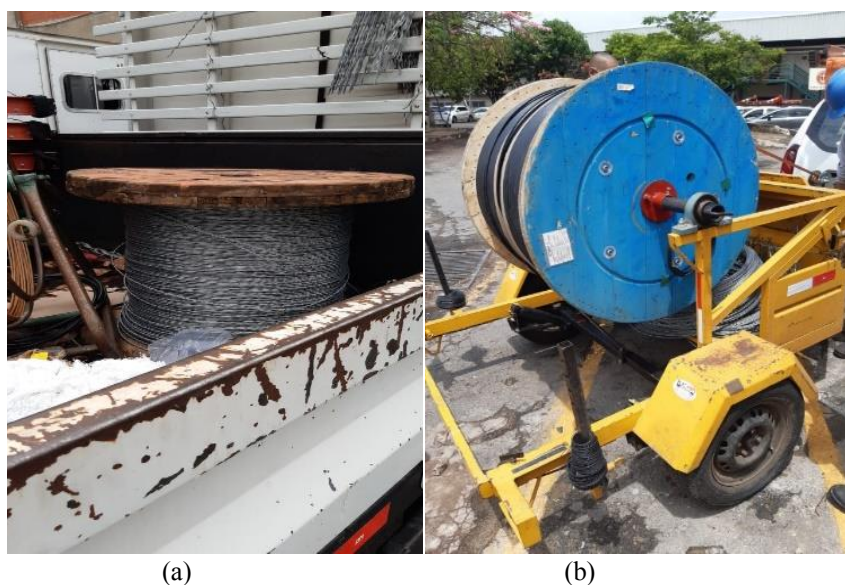
Tabela 2: Estoque de cabos do Centro de Distribuição

Tipo de material	Quantidade (metros)
Cabo TEL MET Subterrâneo	20.000
Cabo TEL MET Aéreo	61.655
Total (unid)	81.655

Fonte: Adaptado de TELEMONT (2020).

Segundo relatos da empresa, as bobinas de cabos são alojadas tanto internamente como nos veículos (Figura 1a, b) que realizam as instalações e manutenções (material em trânsito). Conforme a demanda é solicitada, os cabos vão sendo retirados até que seja necessário realizar a reposição de uma nova bobina.

Figura 1: Bobinas armazenadas em veículos: armazenamento em caminhão (a), armazenamento em carretinha (b)



Fonte: Próprio autor

Os cabos lançados em instalações e reparos são cortados com uma extensão maior que o necessário em função da falta de exatidão dos vãos que serão instalados, resultando em várias

aparas, estas são armazenadas no pátio interno (Figura 2a, b, c) até serem enviadas para a recicladora.

Figura 2: Aparas armazenadas: visão geral (a), detalhe de bobina (b) e detalhe de cabo danificado (c)



Fonte: Próprio autor

No período de junho/2019 a junho/2020 contabilizou 34.350 metros de apara/sucata de fio (Quadro 4), considerados inutilizados para quaisquer trabalhos ou reaproveitamentos, sendo este material enviado para a recicladora especializada. Observa-se que tal quantidade se refere apenas a cidade de Goiânia, uma das várias cidades atendidas pela OI e pela TELEMONT no Estado de Goiás.

Tabela 3: Levantamento de sucatas produzidas até junho/2020

Descrição do material	Origem do material	Quantidade (m)	Quantidade (kg)
Sucata Fio FE -AA80	Goiânia	34.350	1.145

Fonte: Adaptado de TELEMONT (2020).

O surgimento das aparas ou sucatas não possui uma linearidade ao longo do ano, pois ele está diretamente relacionado aos tipos de demandas realizadas pela empresa. É possível observar no Tabela 4 as oscilações na produção de aparas entre os meses de seca e os meses chuvosos, ocorridos entre 2019 e 2020.

Tabela 4: Aparas produzidas entre junho/2019 e junho/2020

Rompimentos de cabos 2019		Rompimentos de cabos 2020	
Mês	Quantidade (Kg)	Mês	Quantidade (Kg)
Junho	22	Janeiro	12
Julho	38	Fevereiro	18
Agosto	253	Março	46
Setembro	290	Abril	36
Outubro	220	Maior	51

Novembro	80	Junho	48
Dezembro	31		
Total: 934		Total: 211	
Total 2019/2020 (Kg): 1.145			

Legenda	
	Período de chuvas
xxxxxxxxx	Período de estiagem

Fonte: TELEMONT (2020).

Nota-se que nos meses de maior seca (agosto, setembro, outubro) a produção de aparas triplica em relação ao mês (novembro) de maior produção nos dias chuvosos. Os três meses de estiagem contabilizam também uma quantidade de aparas maior que a produzida em todos os meses de chuva juntos.


Levando em consideração a falta de exatidão na retirada dos cabos metálicos das bobinas durante a execução do serviço, se faz necessária a aplicação de ações de melhoria, de forma a quantificar e gerenciar as perdas de material.

EMPRESAS RECICLADORAS DE CABOS

A primeira etapa a ser realizada pela empresa recicladora de cabos é a separação dos componentes. Os cabos metálicos possuem tramas de plástico e cobre em seu interior e a sua separação só é possível através de equipamentos específicos. Como exemplo, o Portal Resíduos Sólidos (MACHADO, 2014) cita a *Scrap cable stripper* – ST300N, produzida pela empresa Greemman da Coreia do Sul, essa máquina descasca fios de 5 a 100 mm de diâmetro.

É essencial lembrar que os cabos são feitos de variados tipos de plásticos e metais, fazendo com que esses materiais tenham que ser separados em categorias. Essa divisão facilita o reaproveitamento e agrega valor ao resíduo. Após a categorização dos materiais, os mesmos devem ser enviados para uma granuladora. O Portal Resíduos Sólidos (MACHADO, 2014) apresenta como exemplo a *Scrap cable granulator* – RECO 130, uma granuladora de plástico e metal simultânea.

Os equipamentos apresentados podem funcionar de forma combinada, otimizando o processo de reciclagem. Segundo Machado (2014), a capacidade dessas máquinas é ideal para uso em usinas de triagem e cooperativas de material reciclável. Para recicladoras de grande porte existem máquinas que comportam maiores quantidades e realizam o serviço em um curto espaço de tempo. Independente da magnitude do processo, as etapas são as mesmas: triagem do material, moenda (tornando-o uniforme), separação densimétrica do cobre e PVC a seco.



Como exemplo de grandes recicladoras, pode-se citar a Furukawa e a GM&CLOG. A Furukawa executa a coleta e reciclagem de sucata de cabos eletrônicos e de energia a nível mundial, além disso, através do programa Green IT a empresa realiza a permuta de sobras de cabos de comunicação e de energia, de qualquer fabricante, por cabos novos da marca Furukawa. Esse material é encaminhado para tratamento e reciclagem, transformando-se em matéria-prima para outras indústrias (FURUKAWA, 2020).

A GM&CLOG – Soluções em logística reversa e reciclagem, promove a reciclagem de cabos diversos com o objetivo de extrair o cobre e alumínio contido nos mesmos. A empresa, instalada em São José dos Campos – São Paulo, consegue realizar uma separação eficaz tratando de cabos finos, através do sistema de moagem de partículas "pulverizador" entre a moagem e o separador de ar, e de cabos rígidos excluindo-se o sistema de "pulverização" por um by-pass (GM&CLOG, 2017).

A empresa GBM promove a retirada, a reciclagem e a compra dos resíduos metálicos e sucatas digitais. Em seu próprio site a GBM descreve seu processo de moagem de materiais recicláveis:

Após o recebimento do material reciclável ou sucata, ele é encaminhado para o início do processo de moagem, onde passará por quatro moinhos diferentes, separadores magnéticos e gravimétricos. A moagem garante que o material seja quebrado e reduzido a um tamanho adequado, permitindo assim, que o plástico desprenda do material metálico (ferrosos e não ferrosos). As mesas magnéticas encarregam-se de separar os metais ferrosos do plástico. Após a moagem o plástico é separado dos resíduos metálicos através de processos gravimétricos. O plástico é enviado a empresas que procedem ao trabalho de extrusão e granulação e voltam ao mercado para a injeção de novas peças. O material metálico ferroso é enviado a empresa siderúrgica do ramo e após processos de fundição volta ao mercado em forma de chapas ou vergalhões (GBM, 2020).

A GBM Reciclagem trata os materiais recicláveis e sucata, desde a sua retirada até o beneficiamento, destinação e venda em forma de materiais prontos para serem novamente incluídos em seus ciclos produtivos. A Empresa oferece mão de obra especializada no transporte dos resíduos até o caminhão da GBM, evitando que o cliente tenha despesas com funcionários ou carregadores (GBM, 2020).

SISTEMA DE GESTÃO AMBIENTAL

Como um dos pontos de melhoria para o presente estudo, sugere-se a implantação de um Sistema de Gestão Ambiental (SGA), um instrumento que pode ser utilizado como aliado das políticas organizacionais já existentes na empresa.

O SGA é previsto nas normas ISO 14.001 (ABNT 2004d) (SGA – Requisitos com orientações para uso) e 14.004 (ABNT 2004e) (SGA – Diretrizes gerais sobre princípios,

sistemas e técnicas de apoio), sendo uma importante ferramenta de implantação da Gestão Ambiental no âmbito empresarial. Segundo Nascimento (2008), o SGA pode ser definido como um conjunto de procedimentos para gerir ou administrar uma organização, de forma a obter o melhor relacionamento com o meio ambiente.

A estrutura do SGA é composta por princípios, conforme mostra a Figura 3, iniciando-se pela política ambiental. Da mesma maneira que a missão, a visão e os valores definem os objetivos e metas da empresa, a política ambiental define qual é o compromisso da organização com a causa ambiental, daí a sua importância como primeiro passo nessa estruturação. As próximas etapas tratam dos aspectos legais/ambientais, objetivos, programas complementares, treinamentos, documentação, monitoramento, finalizando na revisão e melhoria contínua do processo.


Bonniecarrere (2017) cita os benefícios da aplicação da Gestão Ambiental em uma organização:

Melhoria da imagem institucional - Produtividade aumentada - Maior comprometimento dos funcionários - Melhores relações de trabalho - Criatividade e abertura para novos desafios - Melhores relações com autoridades públicas, comunidade e grupos ambientais ativistas - Acesso aos mercados externos - Redução e controle dos custos ambientais.

Figura 3: Princípios que estruturam o SGA



Fonte: BONNECARRERE (2017).



A implantação do SGA em uma empresa inicia-se pela decisão da diretoria, afinal todo projeto ou plano requer investimento material e financeiro, fatores estes que devem ser considerados e aprovados pela direção. E é justamente a alta gestão o primeiro alvo dos treinamentos, os líderes devem entender a importância do SGA para, então, repassar aos demais colaboradores. Os programas ambientais (monitoramento de chaminés, qualidade da água, controle de resíduos, entre outros) a serem aplicados levam em conta o porte e as atividades desenvolvidas na empresa.

Segundo Oliveira e Pinheiro (2010), os sistemas certificáveis de gestão ambiental [...] têm sido uma opção cada vez mais utilizada pelas organizações para equacionarem suas demandas ambientais, padronizarem seu processo produtivo, reduzirem custos de produção e melhorarem sua imagem. Contudo o processo de implantação gera mudanças significativas na estrutura e cultura das empresas.


Portanto, o SGA mostra-se um programa abrangente. Ele promove uma reestruturação organizacional com melhoria contínua, redução da emissão de resíduos e menor consumo de recursos naturais. Em complemento, Chan e Wong (2006) citam “Além de contribuir com a responsabilidade social e com o cumprimento da legislação, estes sistemas possibilitam identificar oportunidades de redução do uso de materiais e energia e melhorar a eficiência dos processos”.

PLANO DE GERENCIAMENTO DE RESÍDUOS SÓLIDOS

Apontado como um dos instrumentos da Política Nacional de Resíduos Sólidos (PNRS), o Plano de Gerenciamento de Resíduos Sólidos é um conjunto de ações exercidas, direta ou indiretamente, nas etapas de coleta, transporte, transbordo, tratamento e destinação final ambientalmente adequada dos resíduos sólidos e disposição final ambientalmente adequada dos rejeitos (BRASIL, 2010). E conforme a Lei nº 12305/2009, o PGRS deve conter um conteúdo mínimo (Tabela 5):

Tabela 5: Conteúdo mínimo para um PGRS

Plano de Gerenciamento de Resíduos Sólidos
I - descrição do empreendimento ou atividade
II - diagnóstico dos resíduos sólidos gerados ou administrados (origem, o volume e a caracterização dos resíduos, incluindo os passivos ambientais a eles relacionados)
III – Observando as normas do SISNAMA, SNVS, SUASA e, se houver, PMGIRS: a) explicitação dos responsáveis por cada etapa do gerenciamento de resíduos sólidos; b) definição dos procedimentos operacionais relativos às etapas do gerenciamento de resíduos sólidos sob responsabilidade do gerador
IV - identificação das soluções consorciadas ou compartilhadas com outros geradores
V - ações preventivas e corretivas a serem executadas em situações de gerenciamento incorreto ou acidentadas



VI - metas e procedimentos relacionados à minimização da geração de resíduos sólidos, à reutilização e reciclagem
VII - se couber, ações relativas à responsabilidade compartilhada pelo ciclo de vida dos produtos
VIII - medidas saneadoras dos passivos ambientais relacionados aos resíduos sólidos
IX - periodicidade de sua revisão

Fonte: Adaptado de Brasil (2010).

O PGRS apresenta as características da empresa ou atividade que resultam em descartes, que podem ser analisados de forma qualitativa e quantitativa. É possível também analisar comportamento dos setores de produção e identificação, até mesmo, de desperdícios de matéria prima ou processos sem padronização que resultam em perdas de insumos (SEBRAE, 2020).

Somado a esses fatores, o Núcleo de Inteligência em Sustentabilidade do SEBRAE elencou algumas perguntas importantes a serem feitas na elaboração do PGRS (SEBRAE, 2020): Funciona quantas vezes por semana?, Qual o horário de funcionamento?, Qual o comportamento da empresa durante o ano?

Diagnósticos como esse são importantes para se conhecer melhor a empresa, identificando os resíduos gerados e suas quantidades. Dessa forma, elabora-se um PGRS com maior precisão e assertividade. A partir do momento que o programa foi escrito, é importante treinar e acompanhar a equipe que o conduzirá, garantindo assim uma implantação eficiente e o alcance dos objetivos nele listados.


Durante as pesquisas constatou-se que as operadoras possuem um PGRS, porém ele não foi colocado em prática até o momento por estas empresas. Sendo assim, como segundo ponto de melhoria, sugere-se que elas verifiquem a viabilidade de aplicar o PGRS no processo de instalação e descarte dos cabos telefônicos afim de minimizar a geração dos resíduos.

A aplicação do programa somada a um procedimento padrão para o corte dos cabos evidenciará os pontos que as empresas devem melhorar, diminuindo os desperdícios com aparas de cabos e otimizando os processos de instalação e manutenção.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

Através desse estudo foi notado uma quantidade relativamente alta de aparas para o quantitativo de cabos armazenados. Para 173.854 metros de cabos metálicos novos a empresa gerou 34.350 metros de aparas entre os meses estudados, essa proporção é traduzida em quase 20% de material perdido.

Portanto, se deve adotar protocolos para os procedimentos de instalação e manutenção, aplicando métodos assertivos no corte e retirada dos cabos para uso. O desperdício e a



venda/troca de sucatas não podem ser comparados em nível de igualdade. Se tratando do material perdido, a empresa gasta tempo e verba em contratos com terceirizadas, quando poderia estar investindo em programas internos para redução de resíduos e treinamento de pessoal.

Sendo assim, a implantação de um Sistema de Gestão Ambiental e de um Plano de Gerenciamento de Resíduos Sólidos nos processos de instalação e descarte dos cabos poderá trazer benefícios para todas as esferas (operacional, técnico, administrativo, gerência e diretoria), reduzindo as perdas, otimizando os processos e gerando receita. A empresa poderá ainda desenvolver em seus colaboradores uma conscientização ambiental, melhorando a qualidade no trabalho e nas relações interpessoais. Todos esses fatores transmitirão credibilidade e confiança para os clientes e para a comunidade.

REFERÊNCIAS

ABDI. **Logística Reversa de Equipamentos Eletroeletrônicos. Análise de Viabilidade Técnica e Econômica.** 2012. Disponível em: <https://sinir.gov.br/images/sinir/LOGISTICA_REVERSA/EVTE_ELETROELETRONICO>. Acesso em: 06 out. 2020.

ABINEE. **Desempenho Setorial: dados atualizados em abril de 2017.** Disponível em: <<http://www.abinee.org.br/abinee/decon/decon15.htm>>. Acesso em: 21 set. 2020.

ABNT. Associação Brasileira de Normas Técnicas. **NBR 10004** – Resíduos Sólidos – classificação. Rio de Janeiro: 2004a.

ABNT. Associação Brasileira de Normas Técnicas. **NBR 10006** – Procedimento para obtenção de extrato solubilizado de resíduos sólidos. Rio de Janeiro: 2004b.


ABNT. Associação Brasileira de Normas Técnicas. **NBR 10007** – Amostragem de resíduos sólidos. Rio de Janeiro: 2004c.

ABNT. Associação Brasileira de Normas Técnicas. **NBR ISO 14001** - SGA – Requisitos com orientações para uso. Rio de Janeiro: 2004d.

ABNT. Associação Brasileira de Normas Técnicas. **NBR ISO 14004** - SGA – Diretrizes gerais sobre princípios, sistemas e técnicas de apoio. Rio de Janeiro: 2004e.

BONNECARRERE, J. **Sistema de Gestão Ambiental.** Disponível em: <https://edisciplinas.usp.br/pluginfile.php/3531261/mod_resource/content/1/Aula%209%20-%20Sistema%20de%20Gest%C3%A3o%20Ambiental%202017.pdf>. Acesso em: 25 out 2020.

BRASIL. **Decreto nº 10.240, de 12 de fevereiro de 2020.** Regulamenta o inciso VI do caput do art. 33 e o art. 56 da Lei nº 12.305, de 2 de agosto de 2010, e complementa o Decreto nº 9.177, de 23 de outubro de 2017, quanto à implementação de sistema de logística reversa de produtos eletroeletrônicos e seus componentes de uso doméstico. Diário Oficial da União, Brasília, DF. Disponível em: <<https://www.in.gov.br/web/dou/-/decreto-n-10.240-de-12-de-fevereiro-de-2020-243058096>>. Acesso em: 29 set. 2020.



BRASIL. **Lei nº 12.305, de 2 de agosto de 2010.** Institui a Política Nacional de Resíduos Sólidos; altera a Lei nº 9605, de 12 de fevereiro de 1998; e dá outras providências. Diário Oficial da União, Brasília, DF. Disponível em: <<http://www.ecodesenvolvimento.org/ecomangement/o-green-it-se-antecipou-a-politica-de-residuos>>. Acesso em: 13 mar. 2020.

CHAN, E. S. W.; WONG, S. C. K. Motivations for ISO 14001 in the hotel industry. **Tourism Management**, v. 27, n. 3, p. 481-492, 2006.

COBRE KABOS. **Cabos para telefonia.** 2020. Disponível em: <<http://www.cobrekabos.com.br/cabos-telefonia>>. Acesso em: 02 abr. 2020.

COBRE. **Ciclo de vida.** 2016. Disponível em: <<https://materioteca.paginas.ufsc.br/cobre/>>. Acesso em: 02 abr. 2020.

DUARTE, S. F. *et al.* **Análise do Fluxo e Gestão de Resíduos de Equipamentos Eletroeletrônicos em Belo Horizonte e Região.** 2015. Disponível em: <<http://www.ibeas.org.br/congresso/Trabalhos2015/III-044.pdf>>. Acesso em: 22 set. 2020.

FURUKAWA. **Programa Green IT da Furukawa recebe quase 96 toneladas de cabos para descarte adequado.** 2020. Disponível em: <<https://www.furukawatam.com/pt-br/conexao-furukawa-detalhes/programa-green-it-da-furukawa-recebe-quase-96-toneladas-de-cabos-para-descarte-adequado>>. Acesso em: 03 nov. 2020.

GBM. **Reprocessamento: o fim de resíduos e o início da geração de novos produtos.** 2020. Disponível em: <<http://www.gbmreciclagem.com.br/about>>. Acesso em: 09 nov. 2020.

GM&CLOG. Soluções em logística reversa e reciclagem. **Reciclagem de fios e cabos.** 2017. Disponível em: <<https://www.gmclog.com.br/site/index.php/servicos/reciclagem-de-cobre>>. Acesso em: 03 nov. 2020.

IPEA. **O Consumo das Famílias no Brasil entre 2000 e 2013: uma análise estrutural a partir de dados do sistema de contas nacionais e da pesquisa de orçamentos familiares.** 2016. Disponível em: <http://repositorio.ipea.gov.br/bitstream/11058/6779/1/TD_2209.pdf>. Acesso em: 21 set. 2020.

JUSSARA. **Saiba mais sobre o PEBDL e suas aplicações.** 2020. Disponível em: <<https://polyexcel.com.br/noticias-produtos/saiba-mais-sobre-o-pebdl-e-suas-aplicacoes/>>. Acesso em: 02 abr. 2020.

LIRA, D. C. C. **Proposta de Plano de Gerenciamento de Resíduos Sólidos para um provedor de internet.** 2018. Disponível em: <<http://monografias.ufrn.br/handle/123456789/8045>>. Acesso em: 01 abr. 2020.

MACHADO, G. B. **Máquinas para a reciclagem de fios elétricos.** Portal Resíduos Sólidos. 2014. Disponível em: <<https://portalresiduossolidos.com/maquinas-para-reciclagem-de-fios-eletricos/>>. Acesso em: 03 nov. 2020.

MAIS POLIMEROS. **Polietileno (PE): conheça os tipos, as aplicações e as propriedades desta matéria-prima.** 2019. Disponível em: <<http://www.maispolimeros.com.br/2019/02/20/polietileno-pe/>>. Acesso em: 02 abr. 2020.



MORIGI, J. B. **Gestão de resíduos eletroeletrônicos e a logística reversa: um estudo sobre a ONG E-LETRO, localizada em Londrina-Paraná.** 2019. Disponível em: <<http://relise.eco.br/index.php/relise/article/view/249/239>>. Acesso em: 01 abr. 2020.

MUNDO DO PLÁSTICO. **PEBD, PEAD e PELBD: características e indicações de cada polietileno.** 2019. Disponível em: <<https://mundodoplastico.plasticobrasil.com.br/oportunidades/pebd-pead-e-pelbd-caracter-sticas-e-indica-es-de-cada-polietileno>>. Acesso em: 02 abr. 2020.

NASCIMENTO, L. F. **Gestão Ambiental e Sustentabilidade.** Sistema Universidade Aberta do Brasil, 2008.

NUNES, M. E. L. **Mapeamento de processos e matriz SWOT: um estudo de caso em uma cooperativa de resíduos eletrônicos.** 2016. Disponível em: <<https://app.uff.br/riuff/handle/1/3725>>. Acesso em: 01 abr. 2020.

OLIVEIRA, O. J. de; PINHEIRO, C. R. M. S. **Implantação de sistemas de gestão ambiental ISO 14001: uma contribuição da área de gestão de pessoas.** 2010. Gestão & Produção, vol.17, no.1 - São Carlos, 2010. Disponível em: <https://www.scielo.br/scielo.php?pid=S0104-530X2010000100005&script=sci_art_text&tlng=pt>. Acesso em: 04 nov 2020.

OLIVEIRA, U. R. **Contribuições para a Melhoria da Gestão de Resíduos de Eletroeletrônicos no Brasil, no Contexto da Sustentabilidade Ambiental.** 2016. 198 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Mestrado em Engenharia de Produção, Faculdade de Engenharia, Universidade Estadual Paulista, Guaratinguetá, 2016.

ONU. **The Global E-waste Monitor.** 2014. Disponível em: <<https://i.unu.edu/media/unu.edu/news/52624/UNU-1stGlobal-E-Waste-Monitor-2014-small.pdf>>. Acesso em: 26 set. 2020.


OPERADORA OI. **Dados de resíduos gerados pelas operadoras OI, TIM e VIVO.** Goiânia, Goiás. 2018.

OPERADORA OI. **Perfil Oi.** 2020. Disponível em: <<https://www.oi.com.br/oi/sobre-a-oi/empresa/informacoes/perfil-oi>>. Acesso em: 06 out. 2020.

PEREIRA, R. S.; BARBOSA, G. E. M. **Plano de Logística Sustentável – PLS: um estudo comparativo em Universidades Federais da Região Metropolitana de São Paulo.** Organizações em Contexto, São Bernardo do Campo. Vol. 14, n. 28, jul.-dez. 2018. Disponível em: <<http://www.spell.org.br/documentos/ver/49906/plano-de-logistica-sustentavel----pls--um-estudo-comparativo-em-universidades-federais-da-regiao-metropolitana-de-sao-paulo->>>. Acesso em: 08 out. 2020.

PINTO, R. M. A. **Manutenção na produção de cabos elétricos: caracterização e implementação de melhorias.** 2015. Disponível em: <<http://hdl.handle.net/10400.22/10413>>. Acesso em: 01 abr. 2020.

REVISTA POTÊNCIA. **Reciclagem de fios e cabos elétricos.** 2019. Disponível em: <<https://revistapotencia.com.br/feiras-e-eventos/reciclagem-de-fios-e-cabos-eletricos/>>. Acesso em: 02 abr. 2020.



SEBRAE. Serviço Brasileiro de Apoio às Micro e Pequenas Empresas. **Como implementar o Plano de Gerenciamento de Resíduos Sólidos (PGRS) em sua empresa.** 2020. Disponível em: <http://sustentabilidade.sebrae.com.br/Sustentabilidade/Para%20sua%20empresa/Publica%C3%A7%C3%B5es/NIS_1_Como%20fazer%20PGRS%20em%20empresas.pdf>. Acesso em: 15 dez. 2020.

SILVA, A. P. C.; LIMA, Y. F. C. **Avaliação da Organização das Etapas do Processo de Descomissionamento de Resíduos de Equipamentos Eletroeletrônicos em Cooperativa de Catadores de Materiais Recicláveis.** 2020. Disponível em: <http://monografias.poli.ufrj.br/monografias/monopoli1003_1798.pdf>. Acesso em: 22 set. 2020.

SILVA, L. A. *et al.* **Cobre: produção industrial e aplicações.** 2019. Disponível em: <http://www.scielo.br/scielo.php?pid=S0100-40422019005001154&script=sci_arttext&tlng=pt#B8>. Acesso em: 02 abr. 2020.

SOUZA, B. A.; VIEIRA, G. B. B. **Análise dos Procedimentos de Logística Reversa Aplicados em duas Plantas de uma Indústria Multinacional Atuante no Segmento de Petróleo e Gás.** Organizações em Contexto, São Bernardo do Campo. Vol. 11, n. 22, jul.-dez. 2015. Disponível em: <<http://www.spell.org.br/documentos/ver/38669/analise-dos-procedimentos-de-logistica-reversa-aplicados-em-duas-plantas-de-uma-industria-multinacional-atuante-no-segmento-de-petroleo-e-gas->>. Acesso em: 08 out. 2020.

SOUZA, R. S. **Diagnóstico de Práticas da Logística reversa de Resíduos Eletroeletrônicos e Inovações na Reciclagem de Componentes em Organizações Brasileiras.** 2018. Disponível em: <<https://bdm.unb.br/handle/10483/23813>>. Acesso em: 23 set. 2020.

SOUZA, R. S.; GUARNIERI, P.; CARVALHO, J. M. **Logística Reversa de Resíduos Eletroeletrônicos: o estado da arte no Brasil.** Encontro Nacional dos Cursos de Graduação em Administração. *Anais...* p.17, 2017. Brasília.

TELEMONT. **Institucional.** 2019. Disponível em: <<http://www.telemont.com.br/a-telemont/institucional/SitePages/default.aspx>>. Acesso em: 06 out. 2020.

TELEMONT. **Instruções de trabalho – Cabos metálicos – instalação cordoalha/cabos aéreos e Instalação do conjunto de emenda subterrânea.** Goiânia, Goiás. 2020.

UNIVIÇOSA. **O que são resíduos eletroeletrônicos.** 2013. Disponível em: <<https://www.univicoso.com.br/uninoticias/acervo/4addf856-4b8f-427a-a0fd-0e084bde21e6>>. Acesso em: 03 jun. 2020.



CAPÍTULO 9

ELABORAÇÃO E IMPLEMENTAÇÃO DE UM PLANO DE RECUPERAÇÃO DE ÁREAS DEGRADADAS – PRAD NA FAZENDA SOUZINHA, BONFINÓPOLIS-GO

Yuri de Sousa Oliveira, Engenharia Ambiental, UNIARAGUAIA
Fernando Ernesto Ucker, Coordenador do Curso de Engenharia Ambiental e Sanitária,
UNIARAGUAIA

Milton Gonçalves da Silva Junior, Docente do curso de Engenharia Ambiental e Sanitária,
UNIARAGUAIA

Cristina de Fátima Mattos Antunes, Coordenadora do Curso de Engenharia Civil,
UNIARAGUAIA

RESUMO


O presente trabalho ressalta a importância de se realizar um Plano de Recuperação de Áreas Degradadas – PRAD – para ambientes com os mais variados níveis de degradação ambiental, que antes eram vistos como locais sem recursos e/ou possibilidade de retorno socioambiental. Por isso, o principal objetivo deste trabalho foi restaurar as margens de um manancial na Fazenda Souzinha, no município de Bonfinópolis-GO, por meio da elaboração e implementação de um PRAD. O processo iniciou-se com a vistoria no local, onde deu-se início a coleta de dados e busca de informações pertinentes sobre o processo erosivo instalado, como tempo de ciência da erosão, possíveis razões para a existência da mesma, estimativa de danos socioambientais, dentre outros. Pelos dados coletados, da experiência profissional com este tema e da colaboração por parte dos proprietários da Fazenda Souzinha em todo o processo, pôde-se elaborar um bom plano e executá-lo de forma eficaz, onde foi estabilizado o processo erosivo, reduzido o impacto visual da degradação ambiental ocorrida, bem como retornado o local ao mais próximo possível da sua situação anterior ao ocorrido, devolvendo qualidade socioambiental a natureza e aos que participam de forma limítrofe a ela.

PALAVRAS-CHAVE: Recuperação ambiental; Áreas Degradadas; Erosão.

INTRODUÇÃO

Segundo Arres, Mariano e Simonassi (2012), a maior parte das degradações que acontecem hoje em dia é consequência do crescimento econômico, construção de estradas, pecuária em larga escala, expansão da fronteira agrícola e pecuária, e densidade populacional; além de incêndios, uso do solo em agricultura e agropecuária, uso de árvores para madeira, extração de materiais naturais para uso como fonte de energia e até fenômenos naturais.

Devido o grande aumento da depredação, desmatamento e descuido com ambientes naturais, juntamente com o aumento das legislações protetoras e necessidade de reconstituição destes ambientes degradados, foi vista a necessidade de juntar informações que direcionam um



leigo ao conhecimento dos principais termos acerca do assunto, possibilitando assim o início de um projeto de recuperação de área (RUSSO, 2014).


Segundo Parrota (1992), as áreas degradadas são aquelas caracterizadas por solos empobrecidos e erodidos, ou ainda instabilidade hidrológica, produtividade primária e diversidade biológica reduzidas. Para a recuperação destas áreas, normalmente são realizados os planos de recuperação de áreas degradadas (PRAD). No início, o PRAD era aplicado apenas na atividade mineradora, na década de 1990, mas foi estendido como forma de condicionante e ajustes de conduta ambiental para outras atividades degradadoras (ALMEIDA, 2016).

Atualmente, no Brasil, há diversos métodos para que se promova a recuperação de áreas degradadas. Contudo, em uma análise mais profunda, percebe-se que, em cada um deles, há ocorrências de vantagens e desvantagens, além de parâmetros ambientais como a temperatura que, frequentemente, dificultam a escolha do método adequado para tal ação. Assim, é essencial o desenvolvimento de métodos e técnicas que, utilizadas ou não, em conjunto, e se adaptem a diferentes condições físico-químicas, biológicas e sociais e tenham custos reduzidos (SOARES; MOURA; BILIO, 2012; SANTOS et al., 2012).

Dentre os métodos de recuperação mais aplicados, pode-se verificar a regeneração natural. Nela, o potencial regenerativo da vegetação é aproveitado para que ela se desenvolva a partir de processos sucessionais naturais. Para que o processo de reestabelecimento das espécies seja potencializado, podem ser aplicadas técnicas de indução e condução da regeneração natural, que são, em geral, simples e de baixo custo. Os principais mecanismos desse método são a chuva de sementes, o banco de sementes do solo e o banco de plântulas (VALLEJO; MOREIRA, 2010; SCOTTI et al., 2011; FRAGOSO et al., 2017).

Pode-se ainda recuperar áreas a partir do plantio de espécies em módulos, ou plantio misto. Esse método consiste no plantio de espécies secundárias tardias ou climácicas (crescimento tardio e ciclo de vida mais longo) rodeadas por espécies pioneiras ou secundárias iniciais (crescimento mais rápido). Esse arranjo garante que, mesmo sob condições edafoclimáticas iguais, as espécies pioneiras crescimento mais rápido e produzam sombra para o desenvolvimento das espécies climácicas, em decorrência do rápido fechamento do dossel, o que também contribui para a proteção do solo contra o impacto da chuva (PEREIRA; RODRIGUES, 2012; NOGUEIRA; FERREIRA; MARTINS, 2013; KLIPPEL et al., 2015).

Enquanto nos plantios citados comumente são utilizadas mudas, no método de semeadura direta são utilizadas sementes para recuperar a área degradada. Nele, as sementes



são dispersadas, de forma manual ou mecanizada, diretamente no solo, sem a necessidade de formação de mudas. A semeadura pode ser feita em linhas, em pontos ou em toda a área (muvuca de sementes). A técnica de muvuca de sementes consiste no plantio a partir da mistura de sementes agrícolas e florestais de espécies nativas, podendo ser associada à adubação verde, que refere-se ao plantio de espécies não invasoras (em geral leguminosas) e de ciclo curto para enriquecer o solo com nutrientes (LACERDA; FIGUEIREDO, 2009; BENINI et al., 2016).


Além do plantio de semeadura direta, também pode ser utilizado o plantio de mudas, que é um dos métodos mais aplicados atualmente. Ele é indicado principalmente para áreas onde a vegetação nativa esteja parcial ou totalmente degradada e a vegetação do entorno esteja muito comprometida ou inexistente, ou seja, áreas onde a regeneração natural e a nucleação, que proporcionam resultados mais próximos do ecossistema original, são inviáveis. Esse método pode ser utilizado como indutor de processos sucessionais, pois, com a posterior chegada de propágulos, a vegetação em recuperação pode se equiparar, em menos tempo, à densidade e diversidade de florestas nativas (VENTUROLI, 2011; RIBEIRO et al., 2012; DARONCO; MELO; DURIGAN, 2013; GUIMARÃES et al., 2017).

Este trabalho foi elaborado com base em uma situação real no município de Bonfinópolis-GO, onde a expansão da cidade e o consequente crescimento demográfico desta referida cidade, trouxeram problemas como aumento na área impermeabilizada e consequente aumento no escoamento superficial de águas pluviais, provocando uma enorme erosão dentro da Fazenda Souzainha.

MATERIAL E MÉTODOS

Este trabalho foi baseado em trabalho de campo, pesquisas e levantamentos (diagnósticos) das condições ambientais in loco. A área de estudo está localizada na Rodovia GO – 010, Km 25, onde está localizada a Fazenda Souzainha, na zona rural de Bonfinópolis – GO. O local em questão encontra-se em avançado processo de degradação ambiental, sendo necessário o emprego imediato de um Plano de Recuperação de Áreas Degradadas.

Todas as informações necessárias para o desenvolvimento do trabalho foram obtidas por meio de dados coletados em campo, juntamente com informações repassadas pelo proprietário da Fazenda Souzainha, situada na Fazenda Souzainha. Para que fosse possível realizar o trabalho, foi necessária a utilização de um aparelho de GPS (da marca Garmin), uma máquina fotográfica (da marca Nikon), trena e os softwares Arcgis e Google Earth para coleta e elaboração de mapas temáticos.



A primeira ação tomada foi a de visitar o local, para que fosse possível avaliar a real situação do mesmo. Como já mencionado aqui, diversos são os fatores a serem observados para a elaboração de um PRAD, sendo o tipo de vegetação existente na região, bem como sua situação de degradação, imprescindíveis para a elaboração de um bom projeto. Por se tratar de uma região típica do cerrado, os dados sobre a flora da região foram obtidos através de literaturas pertinentes à área, com confirmações evidenciadas no local. Estes dados serviriam para posterior escolha das espécies a serem plantadas, bem como definição do local de plantio. O passo seguinte foi realizar a caracterização hidrogeológica do local. Para isso, utilizamos informações contidas no site da Agência Nacional de Águas – ANA, e lançamos mão do uso do software de geoprocessamento, o ArcGis. Nele é possível fazer mapas temáticos, onde então fizemos o mapa temático do perfil hidrogeológico e do perfil hídrico.

A partir de então, recorreu-se a literatura para coleta de informações sobre a rede hidrográfica da região e acrescentamos com a confecção do mapa da bacia hidrográfica da coordenada objeto do estudo na Fazenda Souza, também através do software de geoprocessamento ArcGis. O mapa da bacia é muito importante pois nos dá uma dimensão da bacia de drenagem, fornecendo dados confiáveis para cálculos futuros sobre a descarga líquida no local, como fizemos para a caracterização fisiográfica da bacia hidrográfica. Através da área da bacia hidrográfica calculou-se a sua forma e então os coeficientes de compacidade, fator de forma, densidade de drenagem, dentre outros.

Para se calcular o coeficiente de compacidade (K_c), utilizou-se a seguinte equação:

$$K_c = \frac{P}{\sqrt{A}} \text{ (equação 01)}$$


Onde, K_c = coeficiente de compacidade (adimensional); P = perímetro da bacia (km);
 A = área da bacia (km²).

O fator de forma (K_f) foi determinado pela equação a seguir: $K_f = \frac{A}{L^2}$ (equação 02)

Onde, K_f = coeficiente de forma (adimensional); A = área da bacia (km²); L = comprimento da bacia (km).

A etapa seguinte foi a realização do cálculo da densidade de drenagem (D_d), onde utilizamos a seguinte equação: $D_d = \frac{L}{A}$ (equação 03)

Onde, D_d = Densidade de drenagem (km.km⁻²); A = área da bacia (km²); L = comprimento total dos cursos d'água da bacia (km).



A próxima etapa foi a realização do diagnóstico preliminar da área avaliada, onde nossa equipe foi até o local informado pelos proprietários da Fazenda Souzinha e realizou o levantamento técnico dos dados necessários para a realização de um estudo assertivo para a problemática em questão. Após o levantamento técnico, deu-se início a elaboração do plano de recuperação de áreas degradadas e de um plano de ação e medidas mitigadoras. Este para implementação mais imediata, afim de conter o avanço da degradação já instalada no local. A próxima etapa foi a elaboração do projeto de recomposição florística da área de preservação permanente, onde então foi definido o tamanho da área a ser revegetada, a forma de preparo do local, onde as mudas poderiam ser obtidas, bem como quais mudas seriam adotadas para fazer parte do projeto, a forma de combinação das espécies, bem como a época de plantio e replantio, caso necessário.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

O local no afluente do Rio Sozinha, é propenso a pequenas e médias enchentes, uma vez que, a bacia possui características, possui drenagem pobre, abrange quase totalmente o município de Bonfinópolis (forte contribuidor com escoamento superficial) e considerável declividade, chegando a 200 metros, do ponto mais elevado até o local sob as coordenadas mencionadas. Cabe ressaltar que, logo a jusante da cidade, há uma erosão proveniente da velocidade do escoamento de água superficial, ressaltando que ainda na parte superior da bacia, onde a área hidrográfica é pequena, o volume de água concatenado da cidade é suficiente para causar estragos em bueiros e abrir erosões.

De acordo com dados do instituto de meteorologia, as chuvas estão se tornando cada vez mais irregulares, mal distribuídas e com variação de intensidade considerável, fazendo com que os sistemas de drenagem das cidades se tornem subdimensionados, agravando casos de enchentes. Relatos de moradores vizinhos ao local informam que tais circunstâncias se agravaram após a expansão do município. A Fazenda Souzinha dispõe de um reservatório de aproximadamente 0,5 hectare para amortização da água que chega em sua propriedade, entretanto, devido aos constantes incrementos no volume que chega ao local, o mesmo não consegue reduzir a energia com que essa água desce, ocasionando erosões e desmoronamentos de terra. Todas as medidas propostas no PRAD estão sendo implantadas na propriedade e com o início das chuvas, pode ser observado a paralisação do avanço da erosão devido às águas pluviais, bem como o início da recuperação vegetal, tanto de forma natural, quanto o plantio e enriquecimento proposto.



FLORA

As espécies da flora não estão distribuídas ao acaso, mas sim agrupadas em formações vegetais em equilíbrio com o solo, clima, além de contar com a concorrência de ações por parte da sociedade humana. Assim, vegetação é a forma de agrupamento das espécies vegetais em consonância com o ambiente, incluindo a participação da ação do homem na sucessão de seus modos de produção (MARTINELLI, 2010). Ainda de acordo com Martinelli (2020), a vegetação de Goiás é dominada pelo Cerrado em seu território, com árvores e arbustos de galhos tortuosos, cascas grossas, folhas cobertas por pelos e raízes muito profundas. O Cerrado, originalmente, cobria em torno de 70% do território goiano. O cerrado é o segundo maior bioma brasileiro e da América do Sul, depois da Amazônia e concentra nada menos que 1/3 da biodiversidade nacional e 5% da flora e da fauna mundiais. A flora do cerrado é considerada a mais rica savana do mundo e estima-se que entre 4.000 a 7.000 espécies habitam esta região.

Embora, originalmente, no Estado de Goiás a vegetação típica do Cerrado fosse predominante, convém destacar que no Estado, havia também a presença de uma pequena parcela, ao norte do Estado, de vegetação típica de Floresta Atlântica, cobrindo áreas de margens de rios e de serras. Assim, temos no Estado de Goiás a presença das seguintes vegetações: Floresta Estacional Decidual; Floresta Estacional Semidecidual e Cerrado.

A Floresta Estacional Decidual é também chamada de Floresta Estacional Caducifófila, conforme dito anteriormente, um tipo de vegetação do bioma Mata Atlântica, também presente no Cerrado em algumas áreas. Devemos destacar que esse ecossistema é caracterizado por duas estações, uma seca e outra chuvosa, aspecto típico das regiões centrais do Brasil, a primeira mais prolongada, ao contrário da floresta tropical que não mantém estação seca, A floresta estacional semidecidual é típica do Brasil Central e condicionada a dupla estacionalidade climática: uma estação com chuvas intensas de verão, seguidas por um período de estiagem. Esse ecossistema é constituído por fanerófitos com gemas foliares protegidas da seca por escamas (catáfilos ou pelos), tendo folhas adultas esclerófilas ou membranáceas decíduas. O grau de decidualidade, ou seja, a perda das folhas é dependente da intensidade e duração de basicamente duas razões: as temperaturas mínimas máximas e a deficiência do balanço hídrico (PEREIRA et al., 2011).

Por fim, o cerrado se caracteriza por uma vegetação campestre, com árvores e arbustos esparsos, útil à criação extensiva do gado, por ser uma vegetação de campos naturais, em espécie vegetal dos diferentes tipos de cerrado. Devemos destacar que a projeção do Estado de

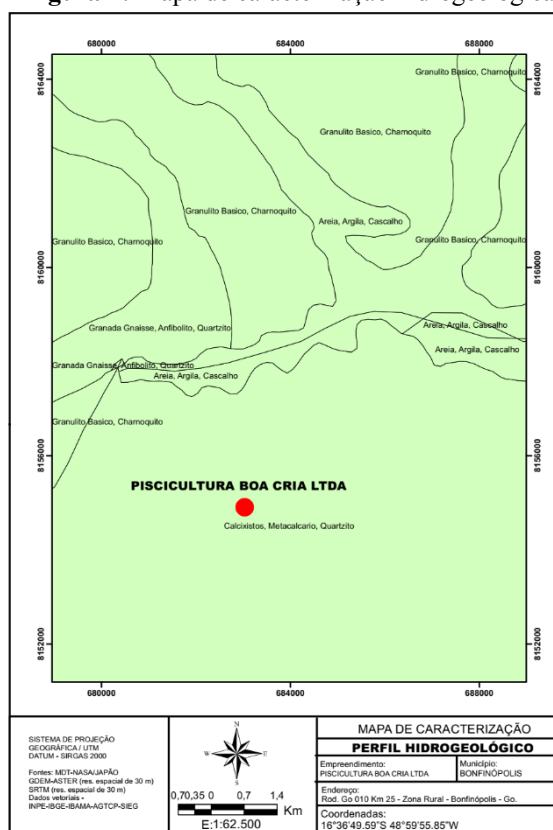
Goiás no cenário agropecuário do Brasil deve-se particularmente ao domínio tecnológico do ecossistema dos cerrados. Com a adequada correção dos solos e a consequente inserção dos campos de cerrado no processo produtivo, a agricultura no Estado deu um salto rumo ao desenvolvimento – quer pelo plantio de culturas anuais quer pelo plantio de pastagens, isto contribuiu para o aumento do desmatamento de grandes áreas de vegetação nativa (IBGE, 2004).

RECURSOS HÍDRICOS

CARACTERIZAÇÃO HIDROGEOLÓGICA

A hidrogeologia do local de estudo é caracterizada por domínio fraturado. As zonas de recarga do aquífero se formam pelo Sistema de Aquífero Cristalino Sudeste – SACSE. As áreas de descargas são relativas as nascentes dos cursos d’água superficiais (ANA, 2020), conforme ao mapa hidrológico na figura 1.

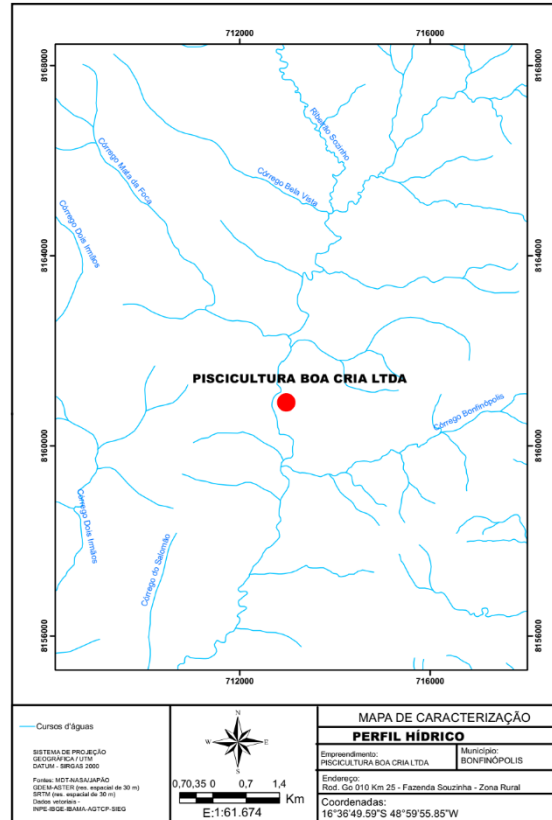
Figura 1: Mapa de caracterização hidrogeológica.



HIDROGRAFIA REGIONAL

A área em estudo pertence à Região Hidrográfica do Rio do Meia Ponte, bacia hidrográfica do Rio Paranaíba. A drenagem superficial mais próxima é o Ribeirão Sozinha a 300 metros a Oeste da área investigada, conforme a figura 2.

2: Mapa de caracterização hídrica.



Rede Hidrográfica

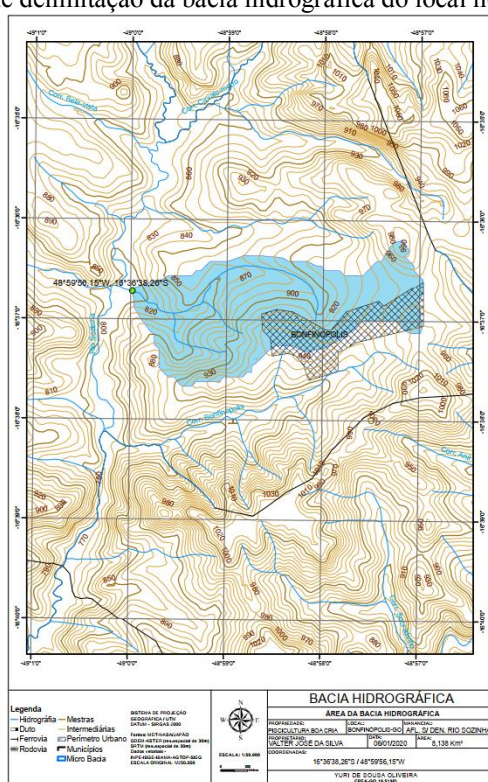
Uma bacia hidrográfica é uma unidade fisiográfica, limitada por divisores topográficos, que recolhe a precipitação, age como um reservatório de água e sedimentos, defluindo-os em uma seção fluvial única, denominada exutório. Os divisores topográficos ou divisores de água são as cristas das elevações do terreno que separam a drenagem da precipitação entre duas bacias adjacentes (HELLER et al. 2006).

Ainda de acordo com (HELLER et al. 2006), a bacia hidrográfica, associada a uma dada seção fluvial ou exutório, é individualizada pelos seus divisores de água e pela rede fluvial de drenagem; essa individualização pode se fazer por meio de mapas topográficos. Os divisores de água de uma bacia formam uma linha fechada, a qual é ortogonal às curvas de nível do mapa e desenhada a partir da seção fluvial do exutório, em direção às maiores cotas ou elevações. A rede de drenagem de uma bacia hidrográfica é formada pelo rio principal e pelos seus tributários, constituindo-se em um sistema de transporte de água e sedimentos, enquanto a sua área de drenagem é dada pela superfície da projeção vertical da linha fechada dos divisores de água sobre um plano horizontal, sendo geralmente expressa em hectares (ha) ou quilômetros quadrados (km²).

Uma bacia hidrográfica é um sistema que interconecta as conformações de relevo e drenagem. Parte da chuva que cai sobre a área delimitada pela bacia, irá se transformar em escoamento superficial. A esta parcela, denomina-se precipitação efetiva. Esta esco a partir dos pontos topográficos mais altos do terreno, formando enxurradas em direção aos vales, ou pontos topográficos mais baixos. Esses, por sua vez, concentram esse escoamento em córregos, riachos e ribeirões, os quais confluem e formam o rio principal da bacia. O volume de água que passa pelo exutório (ponto mais a jusante) na unidade de tempo é a vazão ou descarga da bacia.

A bacia do afluente do Rio Sozinha, possui área superficial igual a 8,1387 km² e engloba quase todo o município de Bonfinópolis, conforme a Figura 3.

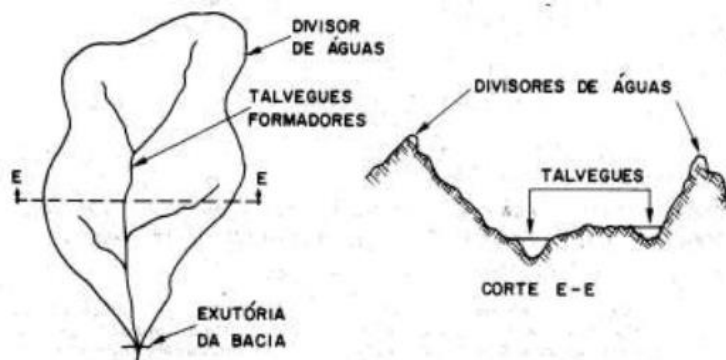
Figura 3: Mapa de delimitação da bacia hidrográfica do local no empreendimento.



CARACTERIZAÇÃO FISIAGRÁFICA DA BACIA HIDROGRÁFICA

A importância do estudo das bacias hidrográficas está no fato de a mesma representar a unidade fundamental de análise do ciclo hidrológico na sua fase terrestre. A bacia hidrográfica é uma área definida topograficamente, drenada por um curso de água ou um sistema conectado de cursos de água tal que toda a vazão efluente seja descarregada através de uma simples saída (exutório). Uma bacia hidrográfica separa-se de outras bacias por partes mais altas do relevo (divisores das águas superficiais) (SPERLING, 2007) (Figura 4).

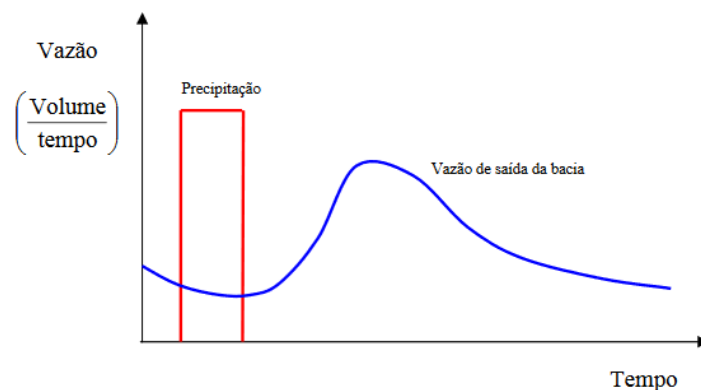
Figura 4: Exutório de uma bacia hidrográfica



Fonte: Sperling (2007)

Uma hipótese geralmente usada nos projetos de hidrologia é a de que os divisores de águas subterrâneas coincidem com os divisores de água superficiais. Isto nem sempre acontece e pode-se ter um volume de água subterrânea fluindo para outra bacia. O papel hidrológico da bacia hidrográfica é transformar uma entrada de volume concentrado no tempo (chuva) em uma saída de água (escoamento-vazão) mais distribuída ao longo do tempo. Os volumes de entrada e de saída são diferentes devidos às perdas por evapotranspiração e infiltração (FINOTTI et al, 2009) (Figura 5).

Figura 5: Comportamento de um hidrograma.



Fonte: FINOTTI et al. (2009)

A caracterização fisiográfica é importante pois permite um melhor entendimento do comportamento hidrológico de uma bacia hidrográfica, principalmente na ocorrência de eventos extremos.

ÁREA DA BACIA HIDROGRÁFICA

A área de uma bacia é representada por uma área plana inclusa entre seus divisores topográficos. A área é normalmente determinada por planimetria em mapas, cuja escala depende das dimensões da bacia e do tipo de estudo a ser realizado, ou através de cálculos

matemáticos de mapas arquivados eletronicamente através de um sistema de CAD ou SIG (Sistema de Informações Geográficas).

A Figura 6 ilustra a projeção da bacia hidrográfica sobre o município de Bonfinópolis, demonstrando que quase todo o município está inserido na bacia hidrográfica do Afluente do Rio Sozinha.

Figura 6: Imagem de satélite ilustrando a abrangência da bacia de drenagem sobre a cidade de Bonfinópolis.




Fonte: Google Earth, 2020

FORMA DA BACIA HIDROGRÁFICA

A forma superficial de uma bacia hidrográfica é importante pela sua influência sobre o tempo de concentração da bacia. Tempo de concentração: tempo que uma gota de chuva, que cai no ponto mais distante do exutório (saída) da bacia, leva para atingir o exutório. O tempo de concentração é fundamental nos estudos de enchentes. A forma superficial de uma bacia hidrográfica é analisada principalmente através do cálculo de índices que relacionam a forma de bacia com a forma de figuras geométricas conhecidas. Os índices mais utilizados são: o coeficiente de compacidade e o fator de forma. Coeficiente de compacidade (K_c): relação entre o perímetro da bacia e a circunferência de um círculo de área igual à da bacia. Indica maior ou menor tendência para enchentes em uma bacia.

Para o coeficiente de compacidade, utilizou-se equação 01. Quanto mais próximo da unidade ($K=1$) for este coeficiente, mais a bacia se assemelha a um círculo, podendo ser resumido da seguinte forma: 1,00 – 1,25 - bacia com alta propensão a grandes enchentes; 1,25 – 1,50 - bacia com tendência mediana a grandes enchentes; e $> 1,50$ - bacia não sujeita a grandes enchentes.



Quanto mais semelhante a um círculo for uma bacia, maior será a sua capacidade de proporcionar grandes cheias. Para a bacia referida neste estudo, temos que: $P = 14,822 \text{ km}$; $A = 8,1387 \text{ km}^2$.

Realizando os cálculos tem-se que, o K_c desta bacia é de 1,45, ou seja, trata-se de uma bacia com tendência mediana a grandes enchentes. Fator de forma (K_f): relação entre a largura média e o comprimento axial da bacia e indica também maior ou menor tendência para cheias na bacia. O fator de forma pode assumir os seguintes valores: 1,00 – 0,75 - sujeito a enchentes; 0,75 – 0,50 - tendência mediana; e $< 0,50$ - não sujeito a enchentes.

Para o fator de forma, utilizou-se a equação 02. Para a bacia referida neste estudo, tem-se que: $L = 4,52 \text{ km}$; $A = 8,1387 \text{ km}^2$. Realizando os cálculos tem-se que, o K_f desta bacia é de 0,40, ficando quase no limite inferior da classificação de uma bacia com tendência a enchentes. Entretanto, é interessante ressaltar que, o fato de a bacia abranger quase todo o município de Bonfínópolis, área com baixa taxa de infiltração devido a antropização, a velocidade de escoamento superficial se eleva, fazendo com que haja um incremento significativo no volume de água no exutório.

Densidade de drenagem (D_d): indica o desenvolvimento do sistema de drenagem de uma bacia hidrográfica. Este índice é expresso pela relação entre o comprimento total dos cursos de água e a área da bacia. Para a densidade de drenagem, utilizamos a equação 03. A densidade de drenagem fornece uma indicação da eficiência da drenagem da bacia. Varia de aproximadamente $0,5 \text{ km.km}^{-2}$, para bacias com drenagem pobre, a $3,5 \text{ km.km}^{-2}$ ou mais, para bacias excepcionalmente bem drenadas. Para a bacia referida neste estudo, temos que: $L = 6,72 \text{ km}$; $A = 8,1387 \text{ km}^2$. Realizando os cálculos temos que, o D_d desta bacia é de 0,82, ressaltando que a bacia em questão possui uma drenagem consideravelmente pobre.

DIAGNÓSTICO PRELIMINAR DA ÁREA AVALIADA

A área avaliada encontra-se em processo de degradação ambiental moderado, com erosões de tamanho considerável. Foi observado pela equipe técnica *in loco* que a falta de uma Área de Proteção Permanente (APP) mais densa no local foi o principal motivo pelo processo erosivo. Pelas características das estruturas de solo formadas ao decorrer do tempo, foi possível inferir que em épocas de chuvas intensas, a velocidade de escoamento superficial por si só já degrada consideravelmente o leito do manancial.

O proprietário do empreendimento, seguindo orientações técnicas de um profissional habilitado, já iniciou o processo de cercamento da área, bem como deu início a obras de

bioengenharia para recuperação e mitigação dos impactos ambientais, conforme as figuras 7a,b e 8a, b.

Figura 7a. Imagem frontal da área degradada.



Fonte: Próprio autor

Figura 7b. Imagem ilustrando o nível da erosão no local.



Fonte: Próprio autor

Figura 8a. Leito do Córrego Afluente do Rio Sozinha.



Fonte: Próprio autor

Figura 8b. Margem direita do Córrego Afluente do Rio Sozinha na área degradada.



Fonte: Próprio autor

PLANO DE AÇÃO E MEDIDAS MITIGADORAS

A área explorada encontra-se atualmente em processo de recuperação, sob supervisão de profissional devidamente habilitado. O acesso a área degradada não é aberto a transeuntes, o que facilitou os trabalhos no local e a consequente recuperação ambiental (Figura 9a). Como forma de reduzir a energia cinética do escoamento da água, iniciou-se o processo de construção de uma “escada” logo a jusante a queda d’água atual (Figura 9b). Para isso, foi recomendado a construção de gabiões (Figura 10a). Para isso, foram colocados pneus sobre uma tela de arame, de modo que o interior dos pneus ficasse desobstruídos para posterior abrigo dos restos de materiais de construção civil, juntamente com pedras menores.

Após o arranjo destes materiais, fechou-se a tela de arame, de modo a amarrar o conjunto, criando um bloco, dando assim, mais estabilidade ao conjunto. Posterior a esta fase, foi colocada uma nata de cimento por cima de todo o “bloco”, no intuito de agregar ainda mais

os materiais. Para melhor acesso à área, foi solicitado ao proprietário que reduzisse o barranco da margem esquerda, permitindo que se pudesse criar um acesso às máquinas. No intuito de mitigar impactos econômicos e ambientais, foram utilizados pneus velhos e restos de materiais de construção civil. Também se utilizou pedras, tela de arame e nata de cimento para maior agregação dos materiais (Figura 10b).

Figura 9a. Criação de estrada de acesso ao local.



Fonte: Próprio autor

Figura 9b. Início do processo de construção da escada para redução da energia cinética da água.



Fonte: Próprio autor

Figura 10a. Escada para redução da energia cinética da água feita com pneus usados e restos de materiais de construção civil.



Fonte: Próprio autor

Figura 10b. Escada para redução da energia cinética da água em fase final de construção.



Fonte: Próprio autor

Após a realização das obras estruturais, será plantados nas encostas dos barrancos, bambus alastrantes ou monopodiais, como por exemplo o Bambu Cana da Índia (*Phyllostachys aurea*), que são rústicos e podem ser plantados em solos degradados e pobres em nutrientes sem nenhum problema. O diâmetro aproximado de suas varas é de 6 cm, sua cor é verde e a altura máxima pode chegar até os 7 metros. Sua adaptação é ótima em ambientes com climas subtropicais ou tropicais. Nas laterais externas dos barrancos, será plantado a lanço, sementes de forrageiras como a *Brachiaria decumbens*, pois possuem rápido crescimento e alastramento. Suas raízes por serem fasciculadas, garantem maior aderência do solo, evitando perdas do mesmo por escoamento.



PROJETO DE RECOMPOSIÇÃO FLORÍSTICA DE ÁREA DE PRESERVAÇÃO PERMANENTE

As APP's dentro dos limites da propriedade não possuem sua vegetação característica totalmente dentro das dimensões exigidas por lei por terem sofrido um processo de degradação durante a ocupação das terras por seus proprietários ao longo dos anos. A recomposição florística tem como objetivo retornar áreas que margeiam cursos d'água a uma condição semelhante à original. Essa recomposição permitirá o reequilíbrio do ambiente, evitando o carreamento do solo para a calha do manancial e conseqüentemente o assoreamento do mesmo, criando condições para uma melhoria dos recursos hídricos do local. Outro benefício será o restabelecimento de condições necessárias para o enriquecimento da fauna local devido à melhoria de seu habitat natural tanto em termos quantitativos como qualitativos. A melhoria do habitat se dá pelo restabelecimento dos corredores de fauna representados pelas Áreas de Preservação Permanente ao longo dos cursos d'água.

São três os sistemas usados em projetos de Recomposição Florística, podendo em uma mesma microbacia ser necessário o uso concomitante dos diferentes sistemas, dependendo das características das faixas a serem revegetadas: Implantação Artificial de Reflorestamentos, Enriquecimento Vegetacional e a Regeneração Natural. A implantação artificial de reflorestamentos será utilizada para o reflorestamento da Mata Ciliar ao longo do Córrego afluente do Rio Sozinha, dessa forma os resultados serão obtidos em um menor espaço de tempo do que se fosse apenas feito um enriquecimento com plantio de mudas na área.

Para a execução da recomposição florística foi adotado o método da Sucessão Secundária Induzida. Este método tem como princípio básico o uso de espécies vegetais pertencentes a estágios sucessionais distintos, manejados com o propósito de favorecer o estabelecimento da dinâmica de sucessão natural. Nessa combinação, grupos de espécies com exigências complementares, principalmente quanto à necessidade de luz, são associados de tal forma que as espécies de estágios iniciais (pioneiras) sejam sombreadoras das espécies de estágios finais (secundárias), recobrando rapidamente a área, tutorando o crescimento, debilitando as gramíneas e promovendo o intercâmbio de sementes. O processo de sucessão natural pode levar muito tempo até que as espécies climaxes se instalem. Assim sendo e procurando diminuir o tempo de recuperação ambiental da área a ser reabilitada, será utilizado o método da sucessão secundária induzida, contemplando todos os estágios sucessionais simultaneamente no ato do plantio.



IMPLANTAÇÃO

ÁREA A SER REVEGETADA

A área plantada abrangeu a área de 0,5 ha às margens do Córrego afluente do Rio Sozinha. Essa ação demonstrou a disposição do proprietário da propriedade em adequá-la aos mais elevados padrões legais e possibilitar uma atividade produtiva em harmonia com o meio ambiente e toda a sua diversidade.

PREPARO DA ÁREA

Para formar uma cobertura vegetal nativa na área ciliar do ribeirão, deve-se atentar para os aspectos: A reintegração da área à paisagem dominante da região; O controle dos processos erosivos; A recuperação da flora; A proteção e conservação da fauna silvestre local.

A área coberta com vegetação nativa, não deve sofrer nenhuma ação mecânica, a não ser a execução de práticas de conservação de solo e a perfuração manual das covas e, que receberão as mudas das espécies nativas preconizadas para o local. Ao redor de cada cova deverá ser feito o coroamento (capina com enxada), com um raio de 80 centímetros em volta da planta, que deverá ser coberto com matéria orgânica morta (palha de arroz ou serragem) logo após o plantio. A cobertura morta favorece a retenção da umidade no solo e protege a planta contra espécies invasoras.

COMBATE ÀS FORMIGAS

O combate às formigas deve ser feito antes do plantio das mudas e ter continuidade pelo menos até um ano após a implantação. A época mais indicada é entre os meses de julho a setembro, percorrendo sempre a área em busca de novos formigueiros. Este procedimento trará um maior aproveitamento das mudas plantadas, evitando que muitas se percam devido ao ataque sofrido comumente por estes insetos.

A utilização de iscas granuladas é mais indicada. Elas combatem com eficiência as formigas e não causam danos à fauna local. Os saquinhos são distribuídos na área de acordo com orientações do fabricante. Normalmente se faz a aplicação de 6g de isca granulada por metro quadrado de área de formigueiro.

OBTENÇÃO DAS MUDAS

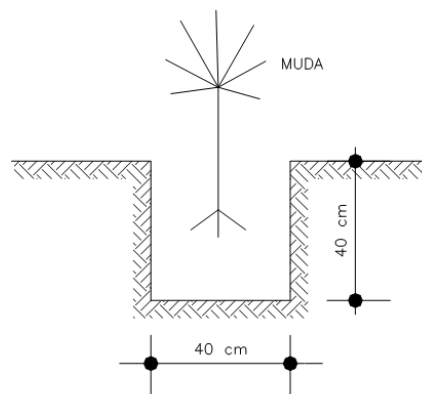
Devido à urgência na recuperação das Áreas de Preservação Permanente, recomendou-se que as mudas fossem adquiridas em viveiros especializados na região que pudessem fornecer mudas de tamanho e condições fitossanitárias adequadas, além de uma variedade de espécies

suficientes que possibilite uma composição bastante diversificada da área reflorestada. Recomendou-se a aquisição em mais de um viveiro para que se alcance uma maior variabilidade de espécies bem como possibilite uma maior variabilidade genética do material adquirido.

COVEAMENTO

As covas devem ter dimensões mínimas de 40 x 40 cm de abertura e 40 cm de profundidade. O espaçamento recomendado é de 3,0 x 3,0 metros entre mudas, sendo colocado uma espécie secundária ou clímax no centro entre quatro pioneiras, que é a distancia média entre árvores adultas em condições naturais. Considerando que será utilizado um espaçamento de 3,0 x 3,0 metros, tem-se uma quantidade de 1.111 mudas por hectare (Figura 15). Considerando a operação de replantio, estima-se um total de 1330 mudas por hectare. Na área em questão, o plantio será de aproximadamente 555 mudas nativas. Recomenda-se um espaçamento não muito rigoroso, isto facilitará o trabalho e produzirá uma mata mais semelhante à natural.

Figura 15. Ilustração do procedimento para abertura de covas.



Fonte: Próprio autor

ESCOLHA DAS ESPÉCIES

As espécies utilizadas na recuperação da APP foram classificadas basicamente como Pioneiras e Secundárias. As espécies pioneiras são aquelas capazes de se desenvolverem a pleno sol, não sendo este um limitante para o seu crescimento inicial. Têm esse nome por serem aquelas que primeiro se estabelecem numa sucessão natural numa situação pós corte raso e por apresentarem um rápido crescimento em sua fase inicial. Já as espécies secundárias são aquelas que necessitam de sombreamento para seu desenvolvimento inicial até sua maturidade. Devido a essa característica necessitam da presença das pioneiras fornecendo sombreamento para que

se desenvolvam e alcancem a maturidade. Ao contrário das espécies pioneiras, apresentam um crescimento inicial mais lento e amadurecimento tardio.

A escolha das espécies a serem plantadas deverá se pautar em dois aspectos: ser uma espécie característica do local conforme descrito no quadro 1 e, obviamente ter sua muda disponível e em boas condições para compra no mercado regional.

Quadro 1. Espécies florestais e sua respectiva posição fitossociológica.

Nome popular	Nome científico	Posição Fitossociológica
Açoita-cavalo	<i>Luehea divaricata</i>	Pioneira
Angico	<i>Anadenanthera sp.</i>	Pioneira
Aroeira	<i>Myracrodruon urundeuva</i>	Pioneira
Bálsamo	<i>Myroxylum balsamum</i>	Secundária
Buriti	<i>Mauritia vinifera</i>	Secundária
Cambará liso	<i>Vochysia haenkiana</i>	Pioneira
Canela	<i>Nectandra spp</i>	Secundária
Capitão do Campo	<i>Terminalia argentea</i>	Pioneira
Carvoeiro	<i>Sclerolobium paniculatum</i>	Pioneira
Cedro	<i>Cedrela fissilis</i>	Secundária
Embaúba	<i>Cecrópia spp</i>	Pioneira
Feijão Crú	<i>Platymiscium floribundum</i>	Pioneira
Gameleira	<i>Ficus gameleira</i>	Pioneira
Garapa	<i>Apuleia leiocarpa</i>	Secundária
Gonçalo Alves	<i>Astronium fraxinifolium</i>	Pioneira
Guapeva	<i>Pouteria sp</i>	Secundária
Guatambú	<i>Aspidosperma parvifolium</i>	Secundária
Ingá	<i>Ingá sp</i>	Secundária
Ipê	<i>Tabebuia sp</i>	Secundária
Jatobá	<i>Hymenaea corbaril</i>	Secundária
Jenipapo	<i>Genipa americana</i>	Pioneira
Landi	<i>Calophyllum brasiliense</i>	Secundária

Lixeira	<i>Curatella americana</i>	Secundária
Maria Pobre	<i>Dilodendron bipinnatum</i>	Pioneira
Maminha de porca	<i>Zanthoxylum rhoifolium</i>	Pioneira
Mutamba	<i>Guazuma ulmifolia</i>	Pioneira
Óleo / Pau d'óleo	<i>Copaifera langsdorfii</i>	Secundária
Paineira / Barriguda	<i>Chorisia speciosa</i>	Secundária
Pau Pombo	<i>Tapirira guianensis</i>	Pioneira
Pau Terra	<i>Qualea parviflora</i>	Secundária
Periquiteira / Crindiúva	<i>Trema micrantha</i>	Pioneira
Pimenta de Macaco	<i>Xylopiya sericea</i>	Pioneira
Quaresmeira	<i>Tibouchina sp</i>	Secundária
Sangra D'água	<i>Croton urucurana</i>	Pioneira
Tamboril	<i>Enterolobium contortisiliquum</i>	Pioneira
Tingui	<i>Magonia pubescens</i>	Pioneira
Unha-de-vaca	<i>Bauhinia sp</i>	Pioneira
Xixá	<i>Sterculia chicha</i>	Secundária

COMBINAÇÃO DAS ESPÉCIES

As espécies devem ser plantadas em linhas de plantio distintas e alternadas. A finalidade desta técnica é permitir que as espécies que se desenvolvem bem inicialmente a pleno sol beneficiem aquelas que necessitam de sombra em seu período inicial para também se desenvolverem de forma satisfatória. A Maneira mais prática de dispor as mudas no campo é alternando uma linha de espécies pioneiras com outra de espécies secundárias

Para facilitar a execução desse procedimento é aconselhável que as mudas sejam separadas de acordo com os grupos a que pertencem, em dois lotes distintos. Dessa maneira leva-se a quantidade necessária de cada tipo para o preenchimento de uma linha de plantio de cada vez. O plantio, portanto obedecerá ao formato de quincôncio, ou seja, cada muda de espécie secundária se posicionará no centro de um quadrado composto por 4 mudas de espécies pioneiras. A prática demonstra que a uma boa combinação na implantação de uma floresta nativa consiste em 60% de espécies pioneiras e 40% de espécies tardias.



ÉPOCA DE PLANTIO

O plantio deverá ocorrer aproveitando-se o máximo o período das chuvas. A concentração maior de chuva (80%) é verificada nos meses de outubro a abril e uma estação seca entre os meses de maio a setembro. Como a área a ser vegetada não é de grande extensão todas as mudas terão este benefício indistintamente. Para tanto se recomenda o plantio para o início da estação das chuvas nos meses entre outubro e novembro.

É importante lembrar que as mudas são produzidas em sacos plásticos e que a retirada dos mesmos para o plantio é de fundamental importância para o seu bom desenvolvimento no campo.

REPLANTIO

O replantio tem como objetivo não permitir que ocorra um espaçamento muito grande entre as plantas promovido pela morte ou não adaptação de uma muda. Ela deverá ser substituída por outra da mesma espécie ou por outra do mesmo grupo.

CONCLUSÃO

Diversas propostas para recuperar áreas degradadas apresentam-se com alta eficiência e rapidez. Porém, não se justificam, porque são onerosas ou não fornecem os subsídios de sobrevivência para aqueles que dela dependem. O primeiro passo no planejamento de um projeto de recuperação é o levantamento das características naturais e sociais do ambiente anterior à degradação. No segundo momento, identificam-se os principais agentes que estão a causar a degradação, sejam eles antrópicos, sejam eles naturais; químicos, físicos ou biológicos. Com base nestes estudos, a equipe interdisciplinar deve propor e executar a metodologia que melhor se enquadra nas exigências ecológicas, sociais e econômicas da região.

É importante frisar que, na recuperação de áreas degradadas, a metodologia principal é aquela em que as espécies utilizadas estejam em conformidade com o ambiente e que as práticas e os manejos envolvidos prezem, principalmente, a matéria orgânica do solo e a manutenção da água no ecossistema, o que facilita e resulta em baixos valores de entropia no sistema. Outra observação importante é a interrelação dos ecossistemas. Além do entendimento das áreas degradadas é necessário considerar as implicações das áreas de entorno sobre aquelas degradadas e vice-versa.

Os estudos realizados através de Plano de Recuperação de Áreas Degradadas – PRAD na área da Fazenda Souzainha indicam que embora se apresente com elevado grau de degradação



ambiental, apresenta áreas com vegetação remanescente, solos com cobertura vegetal, o que assegura maior proteção às intempéries.

REFERÊNCIAS

ALMEIDA, D. S. **Recuperação Ambiental da Mata Atlântica**. Ilhéus: Editus, 2016.

ANA. Agência Nacional das Águas. **Água subterrânea**. Disponível em: <https://www.ana.gov.br/panorama-das-aguas/quantidade-da-agua/agua-subterranea>. Acesso em 01 out. 2020.

ARRAES, R. A ; Mariano, F. Z. ; Simonassi A. G. ; **Causas do Desmatamento no Brasil e seu Ordenamento no Contexto Mundial**. RESR. 1. ed. Piracicaba – São Paulo, 1 de abril de 2012, 119-140.

BENINI, R. et al. **Manual de Restauração da vegetação nativa, Alto Teles, MT**. The Nature Conservancy, Alta Floresta, p. 114, 2016. Disponível em: <https://www.nature.org/media/brasil/manual-restauracao-mt.pdf>. Acesso em: 01 out. 2020.

BRASIL (a). **Decreto n. 3.420, de 22 de abril de 2000**. Diário Oficial [da] República Federativa do Brasil, p. 2, 22 abr. 2000.

DARONCO, C.; MELO, A. C. G.; DURIGAN, G. **Ecosistema em restauração versus ecossistema de referência: estudo de caso da comunidade vegetal de mata ciliar em região de Cerrado, Assis, SP, Brasil**. Hoehnea, São Paulo, v. 40, n. 3, p. 485-498, 2013.

FINOTTI, A.R.; FINKLER, R.; SILVA, M.D.; CEMIN, G. **Monitoramento de recursoshídricos em áreas urbanas**. Caxias do Sul: EDUCS, 2009. 270 pp.

FRAGOSO, R. O. et al. **Barreiras ao estabelecimento da regeneração natural em áreas de pastagens abandonadas**. Ciência Florestal, Santa Maria, v. 27, n. 4, p. 1451-1464, out./dez., 2017.


GUIMARÃES, L. A. O. P. et al. **Espécies arbóreas potenciais para a revegetação de rejeito salino contaminado com arsênio**. Ciência Florestal, Santa Maria, RS, v. 27, n. 3, jul./set. 2017.

HELLER, L.; PADUA, V. L. **Abastecimento de água para consumo humano**. ED. UFMG, 2006 – 860pg. pg 231)

IBGE. **Mapa de Biomas e de Vegetação**. 2004. Disponível em: <http://www.ibge.gov.br/home/presidencia/noticias/21052004biomashtml.shtm>. Acesso em 15 de outubro de 2020.

KLIPPEL, V. H. et al. **Avaliação de métodos de restauração florestal de mata de tabuleiros – ES**. Revista Árvore, Viçosa, v. 39, n. 1, p. 69-79, 2015.

LACERDA, D. M. A.; FIGUEIREDO, P. S. **Restauração de matas ciliares do rio Mearim no município de Barra do Corda - MA: seleção de espécies e comparação de metodologias de reflorestamento**. Acta Amazônica, Manaus, v. 39, n. 2, p. 295-304, 2009.



MARTINELLI, Marcelo. **Estado de São Paulo: aspectos da natureza**. Confins Online, 2010. Disponível em: <http://journals.openedition.org/confins/6557> – Acesso em 01 out. 2020.

NOGUEIRA, W. L. P.; FERREIRA, M. J.; MARTINS, N. O. A. **Estabelecimento inicial de espécies florestais em plantio para a recuperação de área alterada no Amazonas**. Revista de Ciências Agrárias Amazonian Journal of Agricultural and Environmental Sciences, Manaus, v. 58, n. 4, p. 365-371, 2015.

PEREIRA, B. A., VENTUROLI, F., CARVALHO, F. A. **Florestas Estacionais no Cerrado: Uma visão geral**. Revista de Pesquisa Agropecuária Tropical. UFG: Goiânia. V. 41, n.3, 2011. Disponível em <http://www.scielo.br/pdf/pat/v41n3/a19v41n3.pdf>. Acesso em 01 out. 2020.

PEREIRA, J. S.; RODRIGUES, S. C. **Crescimento de espécies arbóreas utilizadas na recuperação de área degradada**. Caminhos de Geografia, Uberlândia, v. 13, n. 41, p. 102-110, mar., 2012.

RIBEIRO, P. R. C. C. et al. **Métodos de recuperação de mata ciliar como proposta de recuperação de nascentes no Cerrado**. Enciclopédia Biosfera, Goiânia, v. 8, n.15, p. 1866-1882, ago./dez. 2012.

RUSSO, C. C. **Aspectos de recuperação de áreas degradadas**. Revista Acadêmica Oswaldo Cruz, São Paulo, 05 nov. 2014, p. 10.

SCOTTI, M. S. V. et al. **Mecanismos de regeneração natural em remanescente de floresta estacional decidual**. Ciência Florestal, Santa Maria, v. 21, n. 3, p. 459-472, jul./set., 2011.

SOARES, C. F.; MOURA, J. M.; BILIO, R. S. **Proposta de recuperação de uma área degradada no Instituto Federal de Educação Ciência e Tecnologia de Mato Grosso Campus Cuiabá – Bela Vista**. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE GESTÃO AMBIENTAL, 3., 2012, Goiânia, GO. Anais. Goiânia: IBEAS, 2012. Disponível em: <https://www.ibeas.org.br/congresso/Trabalhos2012/VI-002.pdf>. Acesso em: 01 out. 2020.

SPERLING, M. V. **Estudos e modelagem da qualidade da água de rios: princípios do tratamento biológico de águas residuárias**. 1.ed. BeloHorizonte: UFMG, 2007. 196 pp.

VALLEJO, R.; MOREIRA, F. **Conceitos de restauro ecológico e planejamento da gestão florestal pós-incêndio**. In: MOREIRA, F. et al. (Org.). Ecologia do Fogo e Gestão de Áreas Ardidas. Portugal: Isapress, 2010.

VENTUROLI, F.; VENTUROLI, S. **Recuperação florestal em uma área degradada pela exploração de areia no Distrito Federal**. Ateliê Geográfico, Goiânia, v. 5, n. 1, p. 183-195, 2011.



CAPÍTULO 10

ANÁLISE REVISIONAL DOS PRESSUPOSTOS CONCEITUAIS DA SUSTENTABILIDADE: COMO AS EMPRESAS EVOLUEM ECONOMICAMENTE ATRELADAS À SUSTENTABILIDADE

Hommel Pinheiro Lima, Professor da Faculdade Paraíso do Ceará do Curso de Administração de Empresas, da disciplina de Gestão Ambiental e Responsabilidade Social

Niciane Costa Bezerra, Administradora sob o nº de registro CRA/CE 10525, Gestora Administrativa e Recursos Humanos, Professora Universitária. Especialista em Docência e Gestão do Ensino Superior

Piedley Macedo Saraiva, Mestre em desenvolvimento regional, pós graduado em gestão estratégica, graduado em administração, professor da Faculdade Paraíso do Ceará e Universidade de Pernambuco

RESUMO

O presente trabalho tem por finalidade, descobrir nas pessoas, até onde vai o grau de conhecimento sobre desenvolvimento sustentável desenvolvimento econômico. Desenvolvemo-nos hoje sem calcular o quanto estamos sendo insustentáveis, e como isso nos leva ao esgotamento dos recursos naturais dos quais a humanidade depende para sobreviver. O desenvolvimento sustentável sugere, de fato, qualidade em vez de quantidade, ao contrário do econômico. Com a redução do uso de matérias-primas e o aumento da reutilização e da reciclagem, podemos estar desenvolvendo economicamente e sendo sustentáveis. O trabalho objetiva-se em mostrar para todos de que maneira podemos desenvolver uma economia sustentável através de uma sociedade evoluída que leva a sério os seus preceitos, sua cultura e com isso faz com o desenvolvimento flua sem que haja prejuízos nem para a natureza e nem para os seres que habitam o planeta. Vamos mostrar de que forma os pressupostos auxiliam nesse desenvolvimento com soluções viáveis e com o compromisso de todos. Por tanto, não podemos esquecer, de que a educação, a cultura e valores são importantes para que todos esses processos tenham continuidades favoráveis às metas proposta. O método escolhido para desenvolver essa pesquisa é o qualitativo, de forma que a estratégia usada na pesquisa é a revisão literária para a construção do conhecimento, ou seja, foram usados como fonte de estudo artigos, livros, revista e sites. Onde através de leituras foram analisados e revisados os textos para triagem e fichamentos. Como é proposta, a pesquisa é exploratória bibliográfica de forma secundária. Existe um desequilíbrio entre os três eixos fundamentais do conceito de sustentabilidade que são: o crescimento econômico, a preservação ambiental e a equidade social, gerando um conflito entre cada um desses imperativos esses conceitos vêm sendo discutidos por muitos, como por exemplo, o holandês Ignacy Sachs onde ele associa os pressupostos com os conceitos de sustentabilidade. Logo os pressupostos defendidos por Ignacy Sachs são: Pressuposto social, econômico, ecológico, cultural e geográfico: Considera-se como base fundamental para os pressupostos do desenvolvimento sustentável a ideia de políticas a eles associadas de maneira a viabilizar a visão do desenvolvimento sustentável.

PALAVRAS-CHAVE: Sustentabilidade, Desenvolvimento Sustentável e Econômico.



1. INTRODUÇÃO

Hoje em dia convivemos com uma mudança de paradigma econômico em evolução na sociedade, já que os recursos naturais, outrora fartos, tem se tornado cada vez mais insuficientes, devendo-se levar em consideração sua possível exaustão.

De acordo com MERICO (1996), “a mudança paradigmática aparece como um elemento reorganizador dos processos econômicos, cujo principal eixo é a busca da sustentabilidade, entendida como a capacidade das gerações presentes alcançarem suas necessidades, sem comprometer a capacidade das gerações futuras também fazê-lo”.


Desenvolvemo-nos hoje sem calcular o quanto estamos sendo insustentáveis, e como isso nos leva ao esgotamento dos recursos naturais dos quais a humanidade depende para sobreviver. O desenvolvimento sustentável sugere, de fato, qualidade em vez de quantidade, ao contrário do econômico. Com a redução do uso de matérias-primas e o aumento da reutilização e da reciclagem, podemos estar desenvolvendo economicamente e sendo sustentáveis.

Segundo Dias (2006 apud Seifert, 2009, p. 24),

Para alguns, alcançar o desenvolvimento sustentável é obter o crescimento econômico contínuo através de um manejo mais racional dos recursos naturais e da utilização de tecnologias mais eficientes e menos poluentes. Para outros, o desenvolvimento sustentável é antes de tudo um projeto social e político destinado a erradicar a pobreza, elevar a qualidade de vida e satisfazer às necessidades básicas da humanidade que oferece os princípios e as orientações para o desenvolvimento harmônico da sociedade, considerando a apropriação e a transformação sustentável dos recursos ambientais.

Para que tudo isso aconteça, devemos levar em conta os pressupostos e suas limitações, ou seja, devemos harmonizar o desenvolvimento econômico, social e ambiental, o conhecido tripé, junto com o geográfico e o tecnológico para que com esse ciclo haja o desenvolvimento esperado. Foi Sachs (1993), quem amadureceu esse conceito, que poderá ser alcançado através do equilíbrio entre as cinco dimensões da sustentabilidade.

O presente trabalho objetiva-se em mostrar para todos de que maneira podemos desenvolver uma economia sustentável através de uma sociedade evoluída que leva a sério os seus preceitos, sua cultura e com isso faz com o desenvolvimento flua sem que haja prejuízos nem para a natureza e nem para os seres que habitam o planeta. Vamos mostrar de que forma os pressupostos auxiliam nesse desenvolvimento com soluções viáveis e com o compromisso de todos. Por tanto, não podemos esquecer, de que a educação, a cultura e valores são de suma importância para que todos esses processos tenham continuidades favoráveis às metas proposta.



Será mostrado nesse trabalho científico de que forma a economia pode prosperar sem deixar de lado a preocupação com os meios naturais. Ou seja, como podemos evoluir economicamente sem que haja a extinção desses recursos.

2. REFERENCIAL

2.1 CRESCIMENTO ECONÔMICO ALIADO AO DESENVOLVIMENTO SUSTENTÁVEL

Existem variadas percepções a respeito do que vem a ser desenvolvimento sustentável, uma delas estabelece que as relações entre ambiente e desenvolvimento estejam integradas. Alguns autores nos explicam como tudo isso ocorreu durante todos esses anos aonde a economia verso desenvolvimento vem atrelando guerras acirradas e também nos mostram que atitudes podem e devem ser tomadas.

O crescimento econômico e o desenvolvimento sustentável precisam estar presentes dentro e fora de todo o planejamento empresarial. Os dois estando atrelados se tornam possível um aumento nos lucros sem a extinção dos recursos naturais. Por outro lado, a insustentabilidade, nos mostra um quadro de caminhos em direções opostas.

Sobre isso se faz oportuno observar o que diz Dias (2002 lado, a 2009, p.6), afirmando que a consequência do modelo de crescimento econômico adotado, se fundamentava no lucro a qualquer preço, sem o respeito à natureza e essa sendo vista como um grande supermercado gratuito.

A preocupação com a conservação e a preservação da qualidade ambiental se torna cada vez mais importante na vida de cada cidadão.

Franco (2000 apud Martinelli, 2004, p. 15) afirmar que:

[...] não se pode mais aceitar a crença economicista de que o crescimento do PIB representa tudo e vai resolver por si só todos os problemas econômicos e sociais do país.

O desentendimento ou a falta de consenso sobre o conceito de desenvolvimento constituem-se como um dos fatores do agravamento da situação vivida em nosso planeta. Gadotti (2000, p. 33) transcreveu uma citação retirada do Relatório da Conferência Internacional sobre o Meio Ambiente e Sociedade: Educação e Conscientização Pública para a Sustentabilidade, organizada pela UNESCO, realizada na Tessalônica, Grécia, em dezembro de 1997 aonde diz o seguinte:



[...] destaca entre outros os seguintes fatores do agravamento da situação da vida no planeta: a) o rápido crescimento da população mundial e a mudança na distribuição; b) a persistência da pobreza generalizada; c) as crescentes pressões sobre o meio ambiente devido à expansão da indústria em todo o mundo e o uso de modalidades de cultivos novos e mais intensivos; d) a negação contínua da democracia, as violações dos direitos humanos e o aumento de conflitos e de violência étnica e religiosa, assim como a desigualdade entre homens e mulheres; e) o próprio conceito de desenvolvimento, o que significa e como é medido(UNESCO, 1999, p. 23).

É de suma importância que as empresas evoluam economicamente trabalhando aliada a sustentabilidade. As empresas socialmente responsáveis possuem uma postura ética onde aos olhos dos consumidores passam a ter um valor maior agregado. Com isso passam a ter um diferencial diante dos seus concorrentes.

2.2 SURGIMENTO DA EVOLUÇÃO SUSTENTÁVEL

Surge então, a evolução no quesito evolução sustentável. De acordo com Donaire (1999, p. 15) ele diz que:

“No princípio as organizações precisavam preocupar-se apenas com a eficiência dos sistemas produtivos”, gerar um lucro cada vez maior, padronizar cada dia mais o desempenho dos funcionários, essa visão industrial que as organizações idealizavam, foi tornando-se, ao longo dos anos, cada vez mais enfraquecida.

O autor citado acima, ainda afirma que:


Os administradores começaram a ver que suas organizações não se baseavam somente, nas responsabilidades referentes a resolver problemas econômicos fundamentais (o que produzir, como produzir e para quem produzir) têm presenciado o surgimento de novos papéis que devem ser desempenhados, como resultado das alterações no ambiente em que operam. Donaire (1999, p. 15).

A partir da Conferência das Nações Unidas sobre Meio Ambiente, realizada em Estocolmo na Suécia em 1972, a questão ambiental foi implantada dentro das organizações de forma definitiva. No início era por obrigação já que o governo exigia providência por parte das empresas com relação à sustentabilidade. Logo após, foi identificado por parte dos empresários, que a sustentabilidade e a economia poderiam andar juntas contribuindo para um desenvolvimento sustentável.

As Nações entram com ânimo nesse progresso em 1992 com a Conferência das Nações Unidas sobre Meio Ambiente e Desenvolvimento (CNUMAD), designada de maneira informal como ECO-92. A conferência representou o cume do movimento em benefício da sustentabilidade ambiental.

Segundo Kinlaw (1998, p.22)

O termo “desempenho sustentável” descreve como as organizações devem conduzir seus negócios para continuar conduzindo os mesmos negócios futuro adentro. Se o objetivo primeiro das organizações é permanecer vivas, então o desempenho



sustentável descreve o que é necessário para permanecer vivas na nova era ambiental. Se desempenho de qualidade se tornou o lema desta década, desempenho sustentável (ou algo similar) irá se tornar o lema da próxima década.

Com se tornou um cenário futuro, cada dia mais presente, onde a gestão ambiental empresarial virou sinônimo de produtividade e sobre tudo, de competitividade. Se antigamente a poluição era compreendida como aquele mal necessário ao desenvolvimento, agora a poluição é entendida como recurso produtivo desperdiçado.

2.3 OS DEZ PASSOS PARA A EXCELÊNCIA AMBIENTAL.

Empresas com experiência identificam resultados econômicos e resultados estratégicos através do compromisso da organização na causa ambiental. Estes resultados não são imediatos, há necessidade de que todos os passos sejam bem planejados e organizados para a interiorização da variável ambiental na organização para que se possa alcançar o conceito de excelência ambiental, trazendo com isso vantagem competitiva.

Segundo Elkington & Burke, *apud* Donaire (1999), os dez passos necessários para a excelência ambiental que as empresas devem seguir são:

- "1 - Desenvolva e publique uma política ambiental.
- 2 - Estabeleça metas e continue a avaliar os ganhos.
- 3 - Defina claramente as responsabilidades ambientais de cada uma das áreas e do pessoal administrativo (linha de assessoria).
- 4 - Divulgue interna e externamente a política, os objetivos e metas e as responsabilidades.
- 5 - Obtenha recursos adequados.
- 6 - Eduque e treine seu pessoal e informe os consumidores e a comunidade.
- 7 - Acompanhe a situação ambiental da empresa e faça auditorias e relatórios.
- 8 - Acompanhe a evolução da discussão sobre a questão ambiental.
- 9 - Contribua para os programas ambientais da comunidade e invista em pesquisa e desenvolvimento aplicados à área ambiental.
- 10 - Ajude a conciliar os diferentes interesses existentes entre todos os envolvidos: empresa, consumidores, comunidade, acionistas etc."

2.4 ECONOMIA VERSUS SUSTENTABILIDADE

Quando se fala em questões ambientais a primeira dúvida que surge é se vale realmente a pena investir nessa ideia analisando o aspecto econômico. O conceito é de que aumentam as despesas e conseqüentemente há um acréscimo dos custos no processo produtivo devido aos investimentos nesse conceito sustentável.

Algumas empresas vêm demonstrando que é possível faturar e ao mesmo tempo proteger o meio ambiente. Basta ter inventividade e condições internas para que possam transformar as restrições e ameaças ambientais em oportunidades de negócio.

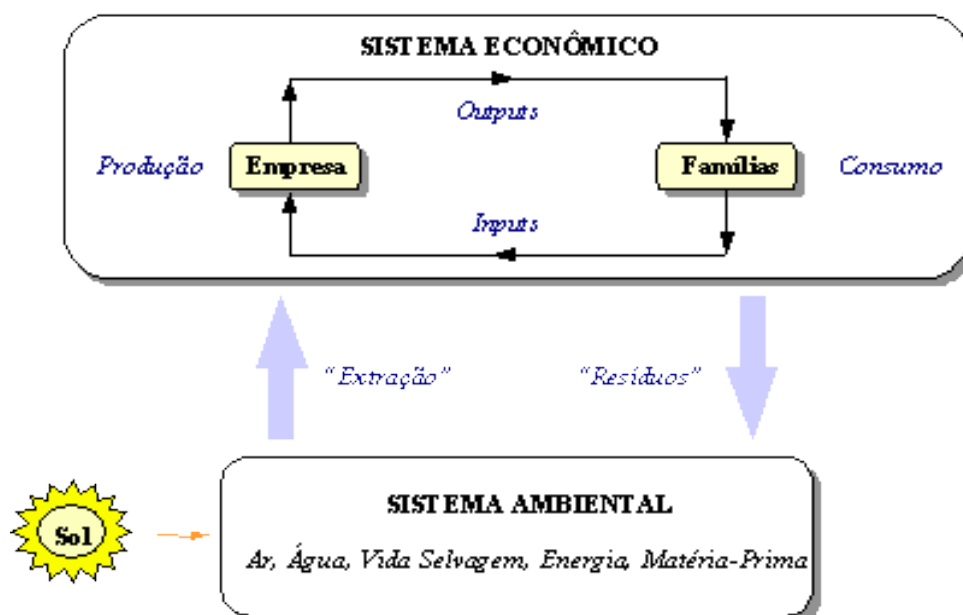
Alguns setores já praticam essa estratégia dentro do contexto de sustentabilidade de forma compromissada, desenvolvendo uma nova forma de gerir através desse novo modelo que é a junção de práticas ambientais e desenvolvimento econômico.

O novo entendimento da problemática ambiental, iniciada nas décadas de 60 e 70, ganhou dimensão e estabeleceu o meio ambiente como um dos princípios fundamentais do homem moderno. Nos anos 80, a proteção ambiental começou a ser vista pelas empresas não como custos, mas como investimentos para o futuro e, com isso, sua vantagem competitiva passou a ser o seu diferencial.

2.5 DEFINIÇÕES PARA O MEIO AMBIENTE E O SISTEMA ECONÔMICO

Tietenberg (1994) acredita que se o meio ambiente pode ser definido através de sua relação com o sistema econômico, podendo assim ser considerado como um sistema fechado (Figura 1), ou seja, nenhum insumo é recebido de fora do sistema nenhuma produção é transferida para fora do sistema. Embora se receba a energia proveniente do Sol, o sistema pode ser tratado como um sistema fechado, pois a quantidade de trocas com a atmosfera em torno do planeta é desprezível. Esse tratamento como um sistema fechado tem uma implicação importante, que é resumida pela primeira lei da termodinâmica - uma lei que declara que a energia e a matéria não podem ser criadas nem destruídas. A lei implica que o material do meio ambiente usado no sistema econômico acumulado neste ou volta à natureza como refugo.

Figura 1 - O Sistema Econômico e o Meio Ambiente



Fonte: Adaptado de Tietenberg, (1994).

A relação do ser humano com o meio ambiente é condicionada através da segunda lei da termodinâmica - conhecida como entropia. De acordo com Merico (1996), “a energia total

do universo permanece constante e a entropia do universo continuamente tende ao máximo”, sendo que a entropia é a quantidade de energia que não é mais capaz de realizar trabalho. A entropia é a medida do grau de desordem do Universo. Esta desordem pode ser revertida por um processo chamado sintropia, que é o processo de criação da vida, particularmente a fotossíntese.

2.6 A IMPORTÂNCIA DOS ADMINISTRADORES PARA O DESENVOLVIMENTO SUSTENTÁVEL DENTRO DAS EMPRESAS


A inserção da proteção do ambiente entre os objetivos da organização moderna expande substancialmente toda a importância da administração. Administradores, executivos e empresários inseriram em suas empresas ideias de reciclagem, formas de poupar energia e outras inovações de cunho ecológico. Essas práticas, rapidamente invadiram outras empresas e outros pioneiros dos negócios, desenvolveram sistemas abrangentes de administração em prol ecológico.

O quadro abaixo-nos mostra as diferenças entre o Cartesiano e o Sustentável. Ou seja, como as empresas trabalhavam antes e vem trabalhando hoje em busca do desenvolvimento econômico e sustentável.

Quadro 1 – Paradigma cartesiano (crescimento econômico) versus paradigma da sustentabilidade (desenvolvimento)

Cartesiano	Sustentável
Reducionista, mecanicista, tecnocêntrico.	Orgânico, holístico, participativo.
Fatos e valores não relacionados	Fatos e valores fortemente relacionados
Preceitos éticos desconectados das práticas cotidianas	Ética integrada ao cotidiano
Separação entre o objetivo e o subjetivo	Interação entre o objetivo e o subjetivo
Seres humanos e ecossistemas separados, em uma relação de dominação.	Seres humanos inseparáveis dos ecossistemas, em uma relação de sinergia.
Conhecimento compartimentado e empírico	Conhecimento indivisível, empírico e intuitivo.
Relação linear de causa e efeito	Relação não ‘linear de causa e efeito
Natureza entendida como descontínua, o todo formado pela soma das partes.	Natureza entendida como um conjunto de sistemas inter-relacionados, o todo maior que a soma das partes.
Bem-estar avaliado por relação de poder (dinheiro, influência, recursos).	Bem-estar avaliado pela qualidade das inter-relações entre os sistemas ambientais e sociais
Ênfase na quantidade (<i>renda per capita</i>)	Ênfase na qualidade (qualidade de vida)
Análise	Síntese
Centralização de poder	Descentralização de poder
Especialização	Transdisciplinaridade.
Ênfase na competição	Ênfase na cooperação
Pouco ou nenhum limite tecnológico	Limite tecnológico definido pela sustentabilidade

Fonte: Almeida (2002).



A partir daí surge à importância de ser ter um bom administrador dentro da empresa. O mesmo, com sua visão holística saberá muito bem distinguir o que é melhor para a empresa levando em consideração o que o quadro nos mostra.

2.7 IMPERATIVOS E CONFLITOS DOS ÂMBITOS SOCIAL, AMBIENTAL E ECONÔMICO PARA O DESENVOLVIMENTO SUSTENTÁVEL

Com a dominação dos âmbitos econômicos e social sobre o ambiente, tem-se o crescimento econômico, modelo típico das últimas décadas e causador de tanta degradação ambiental.

Existe um desequilíbrio entre os três eixos fundamentais do conceito de sustentabilidade que são: o crescimento econômico, a preservação ambiental e a equidade social, gerando um conflito entre cada um desses imperativos.

Segundo Seifert (2009, p. 26 - 27):

Com a predominância dos imperativos das esferas ecológica e social sobre a economia, tem-se a perspectiva da ecologia profunda, a partir da qual amadureceu o conceito de desenvolvimento sustentável. Com a predominância dos imperativos da esfera ambiental e econômica sobre a social, tem-se o conservacionismo. Por sua vez, com o predomínio dos âmbitos econômicos e social sobre o ambiental, tem-se o crescimento econômico, padrão típico das últimas décadas e causador de tanta degradação ambiental. Finalmente, desenvolvimento sustentável, só pode ser alcançado através do equilíbrio entre os imperativos das esferas ambiental, social e econômica. Partir do momento que surgiu o conceito de desenvolvimento sustentável, passou a existir um discurso cada vez mais articulado que procura condicionar a busca de um novo modelo de desenvolvimento agrupado à noção de conservação do meio ambiente.


Esses conceitos vêm sendo discutidos por muitos, como por exemplo, o holandês Ignacy Sachs (1993), onde ele associa os pressupostos com os conceitos de sustentabilidade.

Foi Sachs (1993), quem amadureceu seu conceito, que só poderá ser alcançado através de um equilíbrio integrado entre cinco dimensões de sustentabilidade ou pressupostos básicos: ecológico, social, econômico, cultural e geográfico.

Essa opinião assumiu desde então uma estrutura teórica bastante sólida. Seu conceito baseia-se nos pressupostos citados, cada qual expondo um significado muito característico, os quais são extremamente inter-relacionados e interdependentes.

Logo a baixo seguem explicações com relação a cada um dos pressupostos:

Pressuposto social: a maior preocupação é com o bem-estar humano, ao promover a cidadania e a melhora na qualidade de vida. É imperativo que não nos omitamos das questões sociais e busquemos um ideal que seria a emergência de um novo paradigma cultural que descarte o pensamento consumista.



Pressuposto econômico: em termos empresariais, se enaltece a Responsabilidade Sócio corporativa, onde, segundo critérios econômicos, sobressai-se a necessidade de geração de emprego e renda. Auxiliando este processo, pode-se citar, segundo critérios macroeconômicos, o planejamento governamental, com vistas a diminuir os custos sociais e ambientais por meio de alocações e fluxos de recursos de maneira mais eficaz.

Pressuposto ecológico: seria impossível pensar em sustentabilidade sem mencionar que necessitamos alcançar o correto denominador comum entre o desenvolvimento e a preservação da natureza. Para tanto, faz-se necessário buscar constantemente tecnologias limpas que propiciem, desta forma, uma questão ambiental de modo a manter a deterioração em um nível mínimo.

Pressuposto cultural: não há que se falar também em Desenvolvimento Sustentável, se não mantivermos a identidade cultural dos povos. É neste ponto que é possível preservar as raízes culturais dos seres humanos, propiciando e sendo um catalisador para as outras dimensões.

tanto, faz-se voltado para a estrutura de uma configuração rural-urbana mais equilibrada e melhor distribuição territorial dos assentamentos humanos e atividades econômicas.

Considera-se como base fundamental para os pressupostos do desenvolvimento sustentável a ideia de políticas a eles associadas de maneira a viabilizar a visão do desenvolvimento sustentável. A diferença entre a situação-problema e a situação almejada sucessivamente passará pela criação e implantação de políticas compatíveis, que permitirão um nível de exploração apropriado dos recursos naturais a fim de atingir a sustentabilidade.

Surge então o sexto pressuposto do desenvolvimento sustentável, o pressuposto tecnológico.


De acordo com Seifert (2009, p. 36):

A forma como determinada sociedade utiliza os recursos naturais está intrinsecamente associada às alternativas tecnológicas por ela selecionadas, as quais também devem ser consideradas essências para o alcance da sustentabilidade.

Ainda, segundo a autora acima citada,

O pressuposto tecnológico, sem dúvida, deve ser nele enfatizado e discutido, uma vez que pode contribuir para a elevação da insustentabilidade de determinada sociedade. Os processos produtivos têm sua sustentabilidade comprometida na medida em que são escolhidas alternativas tecnológicas sem considerar sua adaptabilidade ao contexto em que irão ser implantadas.

Sachs (1993) apresenta cinco dimensões da sustentabilidade já citados anteriormente e Seifert (2009, p. 36), propõe o acréscimo da dimensão tecnológica.



Deve-se observar que o uso de tecnologias no contexto sócio-econômico-ambiental, não pode ser tratado de um modo geral para todas as partes. Ou seja, o uso tecnológico utilizado em um determinado local, não servirá para outro e vice-versa. Deve haver um estudo inicialmente para definir qual a tecnologia será utilizada para aquele determinado local. Esses problemas são enfrentados quando uma tecnologia é importada de outro país, particularmente desenvolvido.

A criação de políticas ambientais considera-se uma análise integrada dos seis pilares do desenvolvimento sustentável, viabilizando o desenvolvimento de alternativas que contribuam efetivamente para o equilíbrio e bem-estar da população. Em síntese, os principais objetivos das políticas ambientais e desenvolvimentistas são de acordo com:

Retomar o crescimento; alternar a qualidade do desenvolvimento; atender às necessidades essenciais de emprego, alimentação, energia, água e saneamento; manter um nível populacional sustentável; conservar e melhorar a base de recursos; reorientar a tecnologia e administrar o risco; incluir o meio ambiente e a ecologia no processo de tomada de decisões. COMISSÃO MUNDIAL PARA O MEIO AMBIENTE E DESENVOLVIMENTOCMMAD (1991).

Para o desenvolvimento dessas políticas, devem ser selecionados postos-chaves no processo de intervir na situação-problema, de modo que ela assume uma configuração mais próxima da situação desejada possível. Sem dúvida, o pilar cultural é o mais importante, uma vez que permite não só elevar o nível de sensibilização ambiental dos cidadãos de modo a tornar sustentável seu padrão de consumo, como também controlar a natalidade através de métodos anticoncepcionais, isso porque educação ambiental implica em educação sexual.

3. METODOLOGIA

A pesquisa fundamenta-se em uma revisão da literatura sobre o assunto e em uma análise literária de um conjunto de divulgações brasileiras que se utiliza de temas ambientais. Neste conjunto de divulgações, aparecem elementos para construirmos hipóteses sobre as articulações realizadas pelo setor corporativo para responder ao desafio ambientalista.

O método escolhido para desenvolver essa pesquisa é o qualitativo, de forma que a estratégia usada na pesquisa é a revisão literária para a construção do conhecimento, ou seja, foram usados como fonte de estudo artigos, livros e sites. Onde através de leituras foram analisados e revisados os textos para triagem e fichamento. Como é proposta, a pesquisa é exploratória bibliográfica de forma secundária, pois, segundo Roesch (2005),

A pesquisa qualitativa e seus métodos de coleta e análise de dados são apropriados para uma fase exploratória da pesquisa. Esse método possibilita ao pesquisador a reflexão e a crítica além de permitir que se descubram novos fatos e com isso possa afirmar ou negar os mesmos.

Para a viabilização desse artigo, foram selecionadas publicações entre o período de 2000 a 2012. Ressaltando que o período citado se levou em conta a urgência em solucionar problemas resultantes do uso inconsequente dos meios naturais decorrentes nos últimos anos.

A escolha dos artigos deu-se por meio de palavras-chave que abordam o assunto. Tais como: sustentabilidade, economia, desenvolvimento sustentável, educação embasada na economia, desenvolvimento e sustentabilidade, etc.

A tabela abaixo mostra quais materiais foram usados para o desenvolvimento da pesquisa.


Tabela 3 - Materiais analisados entre os anos de 2000 a 2012.

Livros	Autores
Gestão Ambiental: Instrumentos, Esferas de Ação e Educação Ambiental.	Mari Elizabete Bernardini Seifert, 2009.
Desenvolvimento Local e Papel das Pequenas e Médias Empresas.	D. P. Martinelli, 2004.
Pedagogia da Terra.	Moacir Gadotti, 2000.
Empresa Competitiva & Ecológica: Desempenho Sustenta dona Era Ambiental.	Denis C. Kinlaw, 1997.
O Bom Negócio da Sustentabilidade.	F. Almeida, 2002.
Economia de Recursos Ambientais e Naturais.	T. H Tietenberg, 1994.
Introdução à Economia Ecológica.	L. F. K. Merico, 1996.
Estratégias de Transição para o século XXI: Desenvolvimento e Meio Ambiente.	Ignacy Sachs, 1993.
ICMS Ecológico.	L. P. R. Campos, 2000.
CMMAD (COMISSÃO MUNDIAL PARA O MEIO AMBIENTE E DESENVOLVIMENTO). Nosso futuro comum.	FGV (Fundação Getúlio Vargas), 1991.

Artigos	Autores
Crescimento e Desenvolvimento Econômico: A Sustentabilidade como Modelo Alternativo.	Edens C. de Oliveira – Prof.-pesq. do GADIS, 2007.
Gestão Ambiental e Responsabilidade Ambiental: Um Estudo de Caso na Empresa DPASCHOAL URUGUAIANA.	Guilherme Boer, 2006.
Gestão Ambiental: Um Enfoque no Desenvolvimento Sustentável.	Mestre Maria Elisabeth Pereira Kramer, 2006.
Valorização Ambiental no processo Produtivo.	Eng. ^a Katty Maria da Costa Mattos, [de]

Revista	Autores
Revista de Administração USP: A Internalização da Gestão Ambiental na Empresa.	Denis Donaire, jan./mar.1996.

Através do material analisado acima, pretende-se mostrar o andamento durante todo o período em questão. O que está sendo feito e o que poderá ser feito para que as empresas possam



usufruir dos elementos necessários extraídos do meio ambiente para o seu desenvolvimento econômico sem que haja prejuízos para ambos.

4. RESULTADOS E DISCUSSÕES

O desenvolvimento econômico e sustentável deve ser visto na sua forma mais ampla possível, a partir do atendimento mínimo das necessidades básicas da população em geral, uma vez que “o desenvolvimento só poderá ser considerado efetivo [...] se este constituir-se em desenvolvimento humano, social e sustentável, pois, quando se fala em desenvolvimento, deve-se estar buscando a melhoria da vida das pessoas [...] e da sociedade como um todo” (Martinelli, 2004, p. 14).


A inserção da proteção do ambiente entre os objetivos da organização moderna expande substancialmente toda a importância da administração. Administradores, executivos e empresários inseriram em suas empresas ideias de reciclagem, formas de poupar energia e outras inovações de cunho ecológico. Essas práticas, rapidamente invadiram outras empresas e outros pioneiros dos negócios, desenvolveram sistemas abrangentes de administração em prol ecológico.

Existe um desequilíbrio entre os três eixos fundamentais do conceito de sustentabilidade que são: o crescimento econômico, a preservação ambiental e a equidade social, gerando um conflito entre cada um desses imperativos.

Segundo Seifert (2009, p. 26 - 27) com a predominância dos imperativos das esferas ecológica e social sobre a economia, tem-se a perspectiva da ecologia profunda, a partir da qual amadureceu o conceito de desenvolvimento sustentável. Ou seja, tem que haver um desenvolvimento equilibrado dos três itens citados anteriormente para que todos envolvidos saiam lucrando.

Além dos três eixos fundamentais do desenvolvimento sustentável Sachs (1993) diz que: esse conceito só poderá ser alcançado através de um equilíbrio integrado entre cinco dimensões de sustentabilidade ou pressupostos básicos: ecológica, social, econômica, cultural e geográfica.

Seifert (2009, p. 36), por sua vez faz surgir o sexto pressuposto do desenvolvimento sustentável, o pressuposto tecnológico. Onde ela afirma que “a forma como determinada sociedade utiliza os recursos naturais está intrinsecamente associada às alternativas tecnológicas por ela selecionadas, as quais também devem ser consideradas essências para o alcance da sustentabilidade”.



Ainda, segundo a autora acima citada, o pressuposto tecnológico deve ser implantado de forma consciente, pois, como a maioria das tecnologias veem de fora deve-se observar se essa tecnologia tão bem aceita e executada em outro país, pode ser a mesma usada aqui. Para isso, deve haver um estudo minucioso para só depois ser aplicada ou adaptada à tecnologia em questão.

A criação de políticas ambientais considera-se uma análise integrada dos seis pilares do desenvolvimento sustentável, viabilizando o desenvolvimento de alternativas que contribuam efetivamente para o equilíbrio e bem-estar da população.

Não há receita, tampouco fórmulas mágicas. Entretanto, urge desapegarmos de antigos paradigmas que até hoje não colaboraram para um avanço significativo em termos de desenvolvimento.

5. CONSIDERAÇÕES FINAIS


O crescimento econômico e o desenvolvimento sustentável precisam estar atrelados um ao outro tornando possível um aumento nos lucros sem a extinção dos recursos naturais.

Com a Conferência das Nações Unidas sobre o Meio Ambiente, realizada em Estocolmo na Suécia e após 20 anos com a ECO – 92, os empresários começaram a visualizar que é possível o desenvolvimento econômico e a sustentabilidade andarem atreladas em prol de um bem comum.

Empresas com experiência identificam resultados econômicos e resultados estratégicos através do compromisso da organização na causa ambiental.

Dentro das empresas, dúvidas surgem com relação ao aspecto econômico versus sustentabilidade, mas logo se percebe que investir em sustentabilidade é um diferencial no mercado competitivo. Administradores, executivos e empresários inseriram em suas empresas ideias de reciclagem, formas de reduzir consumo de energia e outras inovações de cunho ecológico. Com isso, as empresas que investem em questões ambientais, se diferenciam das demais e conseqüentemente o seu lucro é elevado, pois, as pessoas já estão se conscientizando que vale mais investir em empresas ecologicamente corretas.

O meio ambiente pode ser definido através de sua relação com o sistema econômico, podendo assim ser considerado como um sistema fechado, ou seja, nenhum insumo é recebido de fora do sistema nenhuma produção é transferida para fora do sistema. Sendo assim, tudo que é extraído da natureza pode ser reutilizado e reinventado.




Para que haja um equilíbrio entre os três eixos fundamentais da sustentabilidade que são: o crescimento econômico, a preservação ambiental e a equidade social se fazem necessário à junção de mais três eixos que são: o cultural, o geográfico e o tecnológico, formando assim, os pressupostos ou os pilares da sustentabilidade.

O pilar cultural é o mais importante, uma vez que permite não só elevar o nível de sensibilização ambiental dos cidadãos de modo a tornar sustentável seu padrão de consumo, como também controlar a natalidade através de métodos anticoncepcionais, isso porque educação ambiental implica em educação sexual.

Todos podem e devem agir para que o meio ambiente não seja degradado de forma desenfreada, trazendo como consequência o desaparecimento dos insumos tão necessários para a nossa sobrevivência.

6 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ALMEIDA, F. **O bom negócio da sustentabilidade**. Rio de Janeiro: Nova Fronteira, 2002.
- Boger, G. **Gestão Ambiental e Responsabilidade Social: um estudo de caso na empresa DPaschoal filial Uruguaiana**. Monografia. <http://br.monografias.com>>. Acesso em, 2006
- CAMPOS, L. P. R. **ICMS Ecológico: experiência nos estados do Paraná, São Paulo, Minas Gerais e alternativas na Amazônia, 2000**. Disponível Ecológico: experiência. Acesso em 22 set. 2006.
- COMISSÃO MUNDIAL PARA O MEIO AMBIENTE E DESENVOLVIMENTO (CMMAD) **Nosso futuro comum**. 2. Rio de Janeiro: FGV, 1991.
- DONAIRE, Denis. A internalização da gestão ambiental na empresa. **Revista de Administração USP**, São Paulo, v.31, n.1, p. 44-51, jan./mar.1996.
- GADOTTI, Moacir. **Pedagogia da terra**. São Paulo: Ed. Petrópolis, 2000 (Série Brasil cidadão).
- KINLAW, Denis C. **Empresa competitiva & ecológica: desempenho sustentado na era ambiental**. São Paulo: Makron Books, 1997.
- Kraemer, M. E. P. **Gestão Ambiental: um enfoque no desenvolvimento sustentável**. Artigo Científico, Florianópolis- SC 2006.
- MARTINELLI, D. P.; JOYAL, A. **Desenvolvimento local e o papel das pequenas e médias empresas**. Barueri, SP: Manole, 2004.
- Mattos, K. M. C. **VALORAÇÃO AMBIENTAL NO PROCESSO PRODUTIVO**. Artigo [dt].
- Merico, L. F. K. (1996). **Introdução à Economia Ecológica**, Blumenau, Ed. da FURB.



Oliveira, E. C. **Crescimento e Desenvolvimento Econômico: A Sustentabilidade como Modelo Alternativo.** Artigo. Funge: Fundação Gammon de Ensino, 2007 - disciplinas.stoa.usp.br

SACHS I. Meio ambiente e desenvolvimento: estratégias de harmonização. In: ANDRADE, M. C. et. (Org.) **Meio ambiente, desenvolvimento e subdesenvolvimento.** São Paulo: Hucitec, 1975.

_____. **Caminhos para o desenvolvimento sustentável.** Rio de Janeiro: Garamond, 2000.

_____. **Desenvolvimento: incluyente, sustentável, sustentado.** Rio de Janeiro: Garamond, 2004.

_____. **Eco desenvolvimento: crescer sem destruir.** São Paulo: Vértice, 1986.

_____. **Estratégias de transição para o século XXI: desenvolvimento e meio ambiente.** São Paulo: Studio Nobel: Fundap, 1993.

_____. **ISO 14000: Sistema de Gestão Ambiental: implantação objetiva e econômica.** São Paulo: Atlas, 2006.

Seiffert, M. E. B. **Gestão Ambiental: Instrumentos, Esferas de Ação e Educação Ambiental.** São Paulo Ed. Atlas S. A. 2009.

TIETENBERG, T. H. (1994). **Environmental economics and policy,** Harper CollinsCollege Publihes.



CAPÍTULO 11

A GESTÃO AMBIENTAL NAS ORGANIZAÇÕES: O QUE O CONSUMIDOR CONSCIENTE ESPERA DAS EMPRESAS?

Hommel Pinheiro Lima, Professor da Faculdade Paraíso do Ceará do Curso de Administração de Empresas, da disciplina de Gestão Ambiental e Responsabilidade Social

Niciane Costa Bezerra, Administradora sob o nº de registro CRA/CE 10525, Gestora Administrativa e Recursos Humanos, Professora Universitária. Especialista em Docência e Gestão do Ensino Superior

Piedley Macedo Saraiva, Mestre em desenvolvimento regional, pós graduado em gestão estratégica, graduado em administração, professor da Faculdade Paraíso do Ceará e Universidade de Pernambuco

RESUMO

Cada vez mais a questão ambiental está-se tornando matéria obrigatória das agendas dos executivos das empresas. A globalização e o cenário competitivo que exige mudanças de atitudes, valores e processos que leva as organizações a antever que com essas mudanças, consumidores deixam de ser passivos a qualquer conteúdo publicado por empresas para participar ativamente dos mais diversos tipos de assuntos possíveis. Diante desta perspectiva surge o objetivo de entender como as empresas podem posicionar-se em relação a esse novo cenário de conscientização social, através da capacidade de responder às expectativas e pressões da sociedade. Sendo assim, proporcionar uma maior compreensão sobre os novos paradigmas da gestão ambiental, integrando o processo de desenvolvimento sustentável com o desenvolvimento socioeconômico e por fim conciliar os diferentes interesses existentes entre todos os envolvidos: empresa, consumidores e sociedade. Trata-se de uma pesquisa exploratória descritiva. Os dados foram coletados através de questionários aplicados junto a 100 (cem) consumidores da cidade de Juazeiro do Norte. A pesquisa apontou consumidores exigentes que buscam empresas de confiança, que forneçam produtos e serviços com base na responsabilidade empresarial social. Foi constatado que os consumidores estão bastante exigentes e buscam consumir em empresas que possuem credibilidade no mercado e oferecem produtos que combina a questão da transparência empresarial com a publicação de informações sobre as suas atividades. Diante do que foi exposto, sabe-se que a preocupação com as questões sociais e ao meio ambiente tem crescido nas últimas décadas, no entanto, frente ao atual nível de conhecimento do consumidor de seus direitos e deveres, fica claro a iniciativa das empresas, em um esforço inicial que busca acelerar esse processo de mudança de comportamento que determinam um novo planejamento de implementação de estratégias socioambientais.

PALAVRAS-CHAVE: consumidor, empresas, gestão ambiental.

1. INTRODUÇÃO

Cada vez mais a questão ambiental está-se tornando matéria obrigatória das agendas dos executivos das empresas. A globalização e o cenário competitivo que exige mudanças de atitudes, valores, e processos que leva as organizações a antever que com essas mudanças,



consumidores deixam de ser passivos a qualquer conteúdo publicado por empresas para passarem a participar ativamente dos mais diversos tipos de assuntos possíveis, ou seja, passam de um plano passivo para serem ativos, capazes de escolher produtos e serviços que não são prejudiciais à sociedade e ao meio ambiente.

A sociedade hoje muito, mas consciente de seu papel de consumidor responsável, escolhendo seus impactos, para o que deve ser levado em consideração para o consumo de um determinado produto é, principalmente, informações sobre as matérias-primas utilizadas e a procedência das mesmas, e que tipo de descarte deve ser aplicado, no caso de bens duráveis, para causar menor impacto ao meio ambiente; contribuindo para que as próximas gerações se beneficiem do milagre da vida como nós a conhecemos hoje no planeta.


Muitas organizações perceberam que esse novo cenário de comportamento reforçava sua imagem, gerando assim um diferencial competitivo, especialmente porque o consumidor mostrava-se aberto aos produtos e serviços das organizações que desenvolvem a responsabilidade socioambiental.

Apesar de aparentemente simples, o consumidor, diante de uma situação de compra, age sob uma série de fatores de ordem interna ou externa. Como fatores internos, pode-se citar os de estrutura psicológica do indivíduo, sua desenvoltura passada e expectativas futuras. Segundo Las Casas (2009), o ser humano recebe influências externas do meio ambiente em que vive, incorporando-as no seu comportamento. A emergência de uma cultura de consumo responsável ou consciente vem sendo discutida no cenário de mudanças de valores e surgimento de novos estilos de vida que inovam a relação com os produtos e os fabricantes dos produtos a partir do seu impacto socioambiental.

Como resultado da ampliação desse contexto, tem ocorrido uma proliferação de novas pressões por parte da sociedade, através de movimentos sociais reivindicatórios, pela atuação de grupos organizados ou de indivíduos, que resultam em novas leis e regulamentações que acabam, de certa forma, provocando mudanças nas regras do jogo. (DONAIRE, 2009, p.14)

Com base nestas colocações e, na necessidade crescente, impulsionadas por pressões de grupos de comunidades ambientalistas e consumidores conscientes em geral levam as organizações a sentirem-se na necessidade de divulgar suas ações ambientais.

Sendo assim, proporcionar uma maior compreensão sobre os novos paradigmas da gestão ambiental, integrando o processo de desenvolvimento sustentável com o desenvolvimento socioeconômico e por fim conciliar os diferentes interesses existentes entre todos os envolvidos: empresa, consumidores e sociedade.



Diante desta perspectiva surge a necessidade de entender como as empresas podem posicionar-se em relação a esse novo posicionamento de conscientização social, através da capacidade de responder às expectativas e pressões da sociedade. O presente trabalho objetivou-se em demonstrar que o novo cenário de competição exige mudanças de atitudes, valores e processos das organizações a uma nova postura empresarial no uso consciente dos recursos naturais.

2. REFERENCIAL TEÓRICO


2.1 NOVOS PARADIGMAS PARA A REALIDADE AMBIENTAL

A reflexão sobre as práticas sociais, em um contexto marcado pela constante degradação do meio ambiente e do ecossistema, envolve uma importante articulação com a criação de sentidos sobre a educação ambiental. Novos atores que desenvolvem ações em um conjunto do universo educativo, tornando o engajamento dos variados sistemas de conhecimento, profissionais e a comunidade em geral que contribuem para a melhoria da qualidade de vida e exigem transparência e responsabilidade das empresas.

Nesse sentido, a produção de conhecimento deve necessariamente contemplar as inter-relações do meio natural com o social, incluindo a análise dos determinantes do processo, o papel dos diversos atores envolvidos e as formas de organização social que aumentam o poder das ações alternativas de um novo desenvolvimento, numa perspectiva que priorize novo perfil de desenvolvimento, com ênfase na sustentabilidade socioambiental. (FERREIRA; GONTIJO; KELLER, 2009)

No século XX, consolida-se uma nova visão de desenvolvimento que não somente envolve o meio ambiente natural, mas também inclui os aspectos socioculturais numa posição de destaque, revelando que a qualidade de vida dos seres humanos passa a ser a condição para o progresso. As propostas de gestão ambiental estão baseadas na perspectiva de utilização atual dos recursos naturais desde que sejam preservados para as gerações futuras. Segundo Dias (2008) Procurar estabelecer uma relação harmônica do homem com a natureza, como centro de um processo de desenvolvimento que deve satisfazer às necessidades e às aspirações humanas.

O paradigma ecológico, portanto, vem sendo paulatinamente incorporado na sociedade: primeiro nas empresas mais avançadas e nas organizações não-governamentais; depois, em alguns setores da administração pública, em governos mais democráticos com as políticas públicas ambientais (coleta seletiva, reciclagem, fiscalização ambiental mais eficaz e educação ambiental). Contudo, ainda estamos muito longe do ideal, embora a velocidade nos processos de incorporação da gestão ambiental esteja em constante crescimento. Desta maneira, implementar um sistema de gestão ambiental em uma organização implica em alterações em



muitas políticas, estratégias, reavaliação de processos produtivos e principalmente no modo de agir.

A mudança de comportamento não se refere somente à introdução da filosofia de proteção ao meio ambiente nas atividades organizacionais, na verdade, implica em uma revisão de valores também das pessoas que trabalham na organização. E assim alcançar uma administração realmente ecológica.

2.2 O CONSUMO SUSTENTÁVEL E O PAPEL DOS CONSUMIDORES.

A partir da Rio 92, o tema do impacto ambiental do consumo se tornou uma questão de política ambiental relacionada às propostas de sustentabilidade. Ficou cada vez mais claro que estilos de vida diferentes contribuem de forma diferente para degradação ambiental. Diversas organizações ambientalistas começaram a considerar o impacto dos indivíduos, em suas tarefas cotidianas, para a crise ambiental, consumidores bem-informados são mais capazes de escolher produtos e serviços que não são prejudiciais à sociedade e ao meio ambiente.

A inclusão da proteção do ambiente entre os objetivos estratégicos da organização amplia substancialmente todo o conceito de administração. Administradores, executivos e empresários introduziram em suas empresas programas de reciclagem, medidas para poupar energia e outras inovações ecológicas. Essas práticas difundiram-se rapidamente, e em breve vários pioneiros dos negócios desenvolverão sistemas abrangentes de administração de cunho ecológico. (TACHIZAWA, 2007, p. 27)

Assim, reconhecendo os limites e armadilhas da estratégia de consumo verde, surgiram propostas com crescente ênfase em ações coletivas e mudanças políticas e institucionais (mais do que tecnológicas, econômicas e comportamentais), como a proposta de consumo sustentável. A alternativa para as ações individuais poderia estar, portanto, na formação de comprometerimentos com a moralidade pública, através de ações coletivas, e na implementação de políticas multilaterais de regulação, tanto da produção quanto do consumo. A estratégia de produção e consumo limpos ou verdes começa a perder terreno em nome de uma estratégia de produção e consumo sustentáveis. Meio ambiente deixou de ser relacionado apenas a uma questão de como usamos os recursos (os padrões), para incluir também uma preocupação com o quanto usamos (os níveis), tornando-se uma questão de acesso, distribuição e justiça.

O modelo econômico adotado atualmente pelas sociedades atuais proporciona e induz a um alto padrão de consumo, que, mesmo ao alcance de poucos, é insustentável pelos danos que acarreta para o meio ambiente. Diante desse cenário, para que o desenvolvimento siga no caminho da sustentabilidade é preciso alterar os padrões de consumo. Nesse sentido, ressalta Penna (1999, p. 216):



Os efeitos da degradação ambiental não podem ser tratados sem que se combatam as suas causas. O capitalismo moderno deu à luz o consumismo, o qual criou raízes profundas entre as pessoas. O consumismo tornou-se a principal válvula de escape, o último reduto de autoestima em uma sociedade que está perdendo rapidamente a noção de família, de convivência social, e em cujo seio a violência, o isolamento e o desespero dão sinais alarmantes de crescimento.

De acordo com Spínola (2001, p. 213), “para adotar a ética da vida sustentável, os consumidores deverão reexaminar seus valores e alterar seu comportamento. A sociedade deverá estimular os valores que apoiem esta ética e desencorajar aqueles incompatíveis com um modo de vida sustentável”. Assim, a ideia de consumo sustentável torna-se um imperativo na formulação de uma nova sociedade.


O consumo sustentável, que nasce da mudança de atitude dos consumidores e da sociedade em geral, é a forma de consumo que utiliza os recursos naturais para satisfazer as necessidades atuais, sem comprometer as necessidades e aspirações das gerações futuras.

2.3 CONSUMO CONSCIENTE.

O reconhecimento de que os recursos naturais são finitos e de que a promoção ativa do desenvolvimento sustentável do planeta é imprescindível à sobrevivência da espécie humana têm obrigado a humanidade a repensar o modo como se relaciona com o mundo em que vive. Um dos principais comportamentos que expressam essa relação é o consumo. Muito tem sido feito em seu nome: devastação de florestas, extinção de animais, contaminação de rios e mananciais, poluição do ar, desperdícios de água, energia e alimentos, entre tantos exemplos. Mas há um enorme potencial de contribuição positiva que está ainda por ser explorado.

Nesse contexto, de acordo com o Instituto Akatu (2005), identificam-se os primeiros indivíduos que buscam consumir de maneira mais consciente, passando de “cidadão consumidor” a “consumidor cidadão”. Esse processo inclui a busca do equilíbrio entre as necessidades individuais, as possibilidades ambientais e as necessidades sociais nas três etapas de consumo: compra (escolha), uso e descarte. Nesse sentido, o consumidor passa a considerar os aspectos de eficiência do produto ou do serviço ao lado dos impactos sobre o meio ambiente e na sociedade.

O consumo consciente mostrou-se, inicialmente, um tema inédito e de difícil compreensão. O avanço da conscientização dos consumidores e seu crescimento numérico permitiram que os conscientes adquirissem consistência enquanto grupo e se tornassem referência para outros.



Ainda baseando-se no exposto pelo Instituto Akatu (2005), a condição essencial para que o consumidor possa exercer plenamente sua cidadania é a informação. Pois só mantendo-se informado, o consumidor pode saber como agem as empresas que lhes oferecem produtos e serviços. Informar e apoiar o consumidor em suas reflexões são, assim, atividades de importância estratégica para o movimento pela sustentabilidade.

3. METODOLOGIA


Desenvolvida com o objetivo de analisar a visão do consumidor em relação às empresas, a pesquisa que aqui se apresenta tem natureza exploratória, na qual se desenvolve uma abordagem descritiva qualitativa e quantitativa, no que se refere aos dados e informações coletados.

Segue o método quantitativo, uma vez que são utilizados padronizados, permitindo ao pesquisador elaborar comparações e generalizações, a partir da análise de dados baseada no uso de estatística. (ROESCH, 1997). Também há abordagem qualitativa, pois através de um amplo conjunto de conceitos e ideias abordados em instância teórica checa-se à consolidação do conteúdo. (ROESCH, 1997).

O instrumento de coleta que foi utilizado para levantar os dados desta pesquisa será um questionário estruturado e autopreenchido, composto de 13 perguntas. De acordo com Mattar (1997, p. 171), “os questionários autopreenchidos consistem em o instrumento de coleta de dados ser lido e preenchido diretamente pelos pesquisados, não havendo a figura do entrevistador”.

As perguntas do questionário que foi aplicado foram retiradas da pesquisa desenvolvida pelo Instituto Akatu com o seguinte tema: Responsabilidade Social das empresas, percepção do consumidor brasileiro. Realizada em 2010 com intuito de dar continuidade a uma importante frente de atuação de seus realizadores, que é a produção de conhecimento sobre temas relevantes para aqueles engajados no desenvolvimento da Responsabilidade Social das Empresas (RSE) e do Consumo Consciente, compreendidos como meios de grande importância para construção de uma sociedade justa, próspera e sustentável.

No que se refere à população, conforme Vergara (2000) deve-se entender este termo não como o número de habitantes de um local, como é largamente conhecido, mas sim como um conjunto de elementos (empresas, produtos, pessoas, por exemplo) que possuem características que serão objetos de estudo.



A população desta pesquisa compreendeu os consumidores da cidade de Juazeiro do Norte- CE, por sua vez a amostra corresponde a uma parte da população escolhida de acordo com bairros residenciais de grande movimento, foram aplicados 100 questionários distribuídos aleatoriamente por conveniência nos bairros: Centro, Franciscano e Pio XII

4. RESULTADO E DISCUSSÃO

A coleta de dados, por meio de pesquisa quantitativa, foi realizada dentro de um universo escolhido: maiores de 18 anos, de ambos os sexos e que fazem regularmente compras. Foram realizados 100 questionários que podemos considerar um universo amostral representativo da população de consumidores. Os resultados foram demonstrados estatisticamente em figuras, da forma que se segue.

A figura 1 ilustra o perfil dos respondentes desta pesquisa. Nota-se que a totalidade dos mesmos é do sexo feminino e está na faixa etária superior a 20 nos, denotando ser um público mais maduro. Como pode ser observado através da evolução das gerações. A geração *Baby Boomers* refere-se às pessoas nascidas entre 1943 e 1963, durante o *Baby Boom*. Para Oliveira (2009) os anos correspondem a 1940 a 1960. São consideradas pessoas motivadas, otimistas e *workaholics* [pessoas viciadas em trabalho]. Nasceram no período de crescimento econômico, no final e após a segunda Guerra Mundial, por isso idealizavam atuar na reconstrução de um novo mundo pós-guerra. De acordo com Oliveira (2009) a geração X é a dos nascidos entre 1960 e 1980. Oliveira (2009) também pontua que essa geração foi totalmente influenciada por programas de televisão, tanto no que diz respeito à educação, quanto à rotina familiar. Tal influência também envolveu um aumento exacerbado dos apelos consumistas, reordenando e orientando o modo de viver e agir das pessoas. Tal condição leva essa mesma geração. A geração Y é constituída por indivíduos filhos da geração *Baby Boomers* e dos primeiros membros da geração X e, segundo Lombardia (2008) são as pessoas nascidas entre 1980 a 2000. As pessoas dessa geração são consideradas ambiciosas, individualistas, instáveis, todavia, preocupadas com o meio ambiente e com os direitos humanos. Também são identificadas como esperançosas, decididas, coletivas e com um bom nível de formação, geralmente agindo sem autorização e desenvolvendo um alto poder e/ou pretensão de consumo.

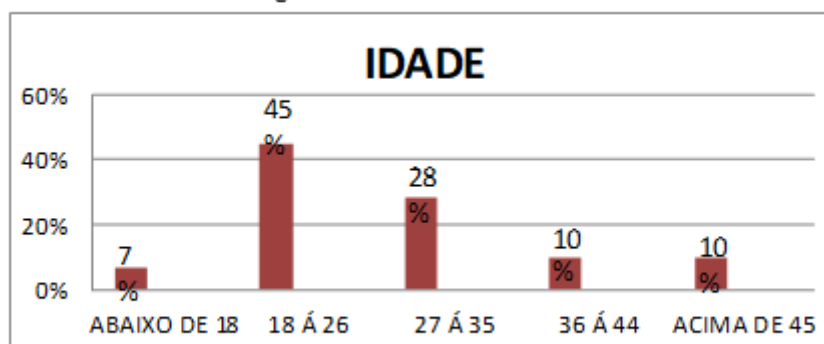


Figura 1: Gráfico – Sexo da população pesquisada



Fonte: Dados da Pesquisa

Figura 2: Gráfico – Faixa etária.



Fonte: Dados da Pesquisa

Com relação ao estado civil, mostrou-se relativamente superior o estado de solteiros respondentes desta pesquisa. O aspecto mais positivo na análise desta segmentação é de que o perfil de consumo por parte dos solteiros representa uma fase de “explosão” do consumo. E todo esse movimento é potencializado pelo aumento de crédito que ocorre atualmente na economia brasileira.

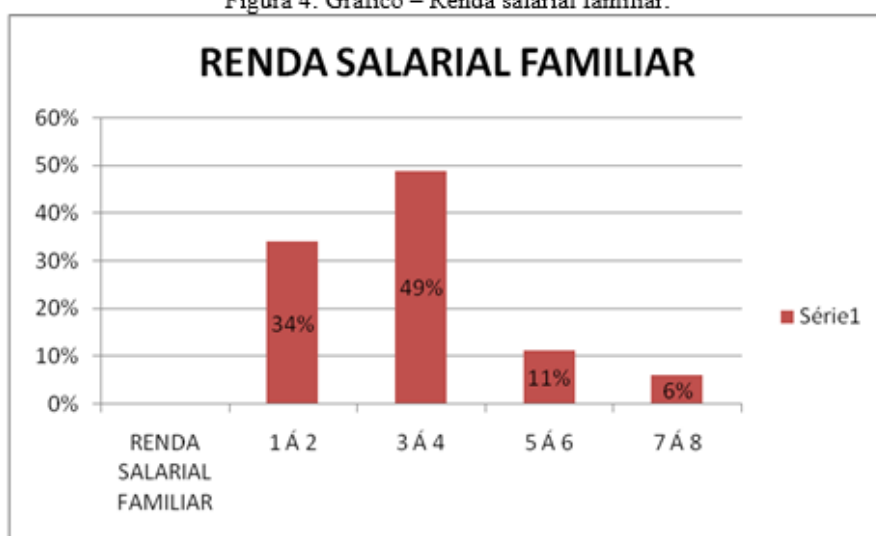
Figura 3: Gráfico – Estado civil dos pesquisados



Fonte: Dados da Pesquisa

A figura 4 ilustra a renda familiar dos respondentes desta pesquisa. Nota-se que a distribuição da renda familiar dos respondentes é, embora diversa na faixa salarial deslocada para “mais de R\$ 2.712,00”. Segundo a secretaria do planejamento e gestão instituto de pesquisa e estratégia econômica do Ceará - IPECE (dados de 2010) revela que a cidade de Juazeiro do Norte é a segunda cidade do Ceará que mais houve elevação da renda de forma que esses números mostram considerados índices de crescimento de empregos e renda na região do cariri. Esses dados demonstram que o indicador emprego e renda possuem grande relevância na qualidade de vida da população estudada e, conseqüentemente, poderá constituir uma variável crítica no processo de desenvolvimento econômico do município em questão.

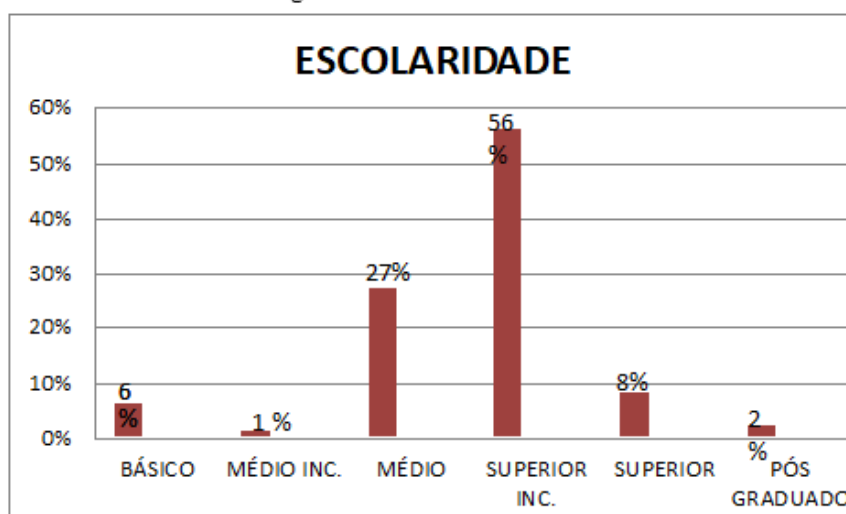
Figura 4: Gráfico – Renda salarial familiar.



Fonte: Dados da Pesquisa

Na figura 5 que representa o nível de escolaridade, o setor predominante é o ensino superior incompleto, o que representa um público com grau de instrução elevado.

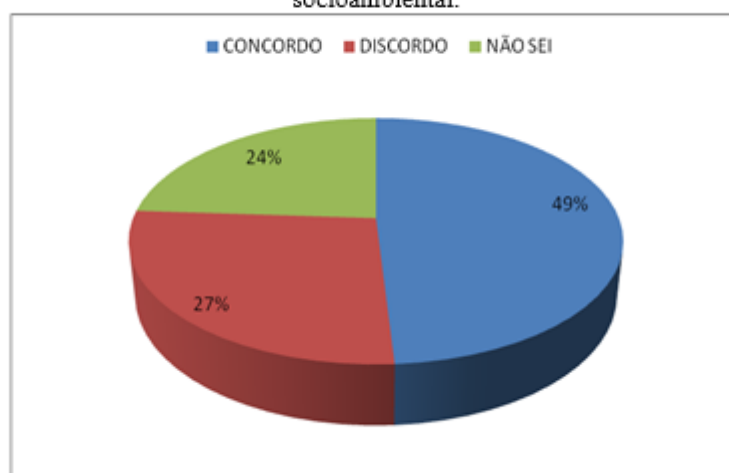
Figura 5: Gráfico – Escolaridade.



Fonte: Dados da Pesquisa

Segundo podemos observar que, os consumidores estão cada dia mais comprometidos do seu papel de exigir mais das empresas em relação à sustentabilidade e preservação do meio ambiente. Muitas das empresas já elaboram seus relatórios para informar o seu desempenho quanto à responsabilidade socioambiental, mas poucas pessoas têm esse conhecimento conforme a figura 6 nos mostra, pois segundo Tahizawa (2007), o novo contexto econômico caracteriza-se por uma rígida postura dos clientes, voltada à expectativa de interagir com organizações que sejam éticas, com boa imagem institucional no mercado, e que atuem de forma ecologicamente responsável.

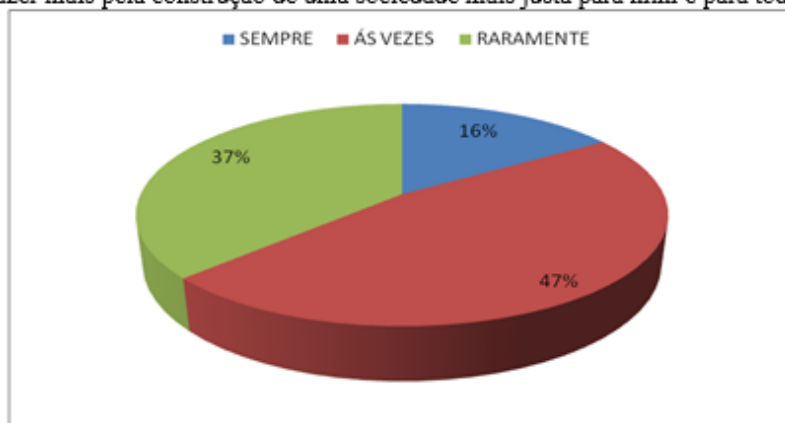
Figura 6: Gráfico – Estou ciente que muitas empresas já produzem relatórios anuais sobre seu desempenho socioambiental.



Fonte: Dados da Pesquisa

Quando as pessoas escolhem comprar produtos ou serviços de empresas socialmente responsáveis, que respeitam e dão algo em troca aos consumidores, esses reverterem essa troca através da divulgação das mesmas para outros consumidores. A figura 7 nos mostra que os respondentes se mostram solícitos a divulgarem as empresas responsáveis mesmo que com frequência distintas. Segundo o Instituto Akatu (2010). A possibilidade de atuar como um agente indutor de práticas mais socialmente responsáveis pelas empresas é um aspecto da prática do Consumo Consciente que tem especial importância, pelo seu poder multiplicador e magnitude de efeitos. Por esse motivo, há também resultados que se referem não tanto à assimilação do Consumo Consciente, mas sim à percepção e às expectativas dos consumidores em relação às empresas, especialmente quanto às suas práticas relacionadas à Sustentabilidade e à RSE.

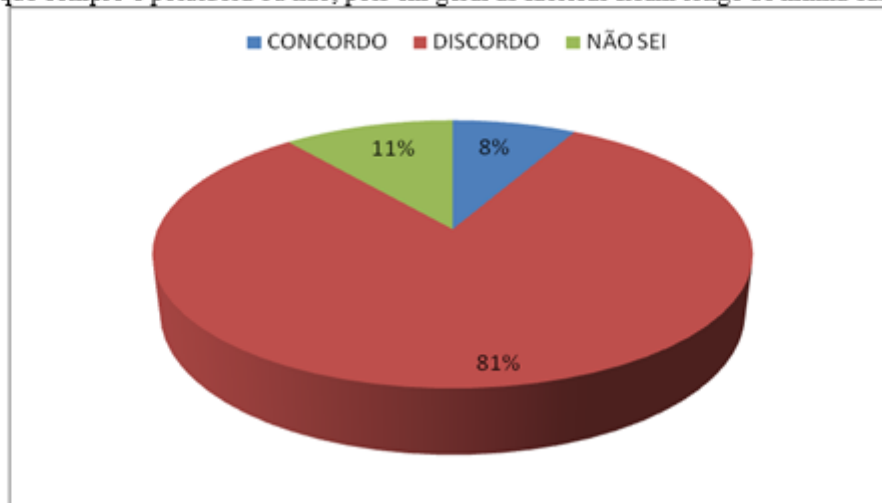
Figura 7: Gráfico – Divulgo as empresas que considero socio ambientalmente responsáveis para que elas possam fazer mais pela construção de uma sociedade mais justa para mim e para todos.



Fonte: Dados da Pesquisa

O impacto das questões ambientais que vem provocando prejuízos para a humanidade, causados, especialmente, pelo uso de tecnologias de produção suja por parte da indústria, faz com que a sociedade procure por informações ambientais na contabilidade das organizações. Também é exigido que sejam divulgadas as ações de gestão ambiental a fim de prevenir e corrigir danos e melhorar a vida das pessoas. Na figura 8 pode-se identificar que os consumidores não concordam em ficar acomodados no que se refere, se as empresas que geralmente compro os produtos que utilizo. Entretanto, com o aumento da conscientização, aumenta também a exigência por um diferencial que deverá ser oferecido pelas empresas. Conforme BICALHO (2005) “cada vez mais as empresas utilizam estratégias que visam unir sua imagem à responsabilidade ambiental e social; buscando alcançar um diferencial competitivo com foco na preferência do consumidor”.

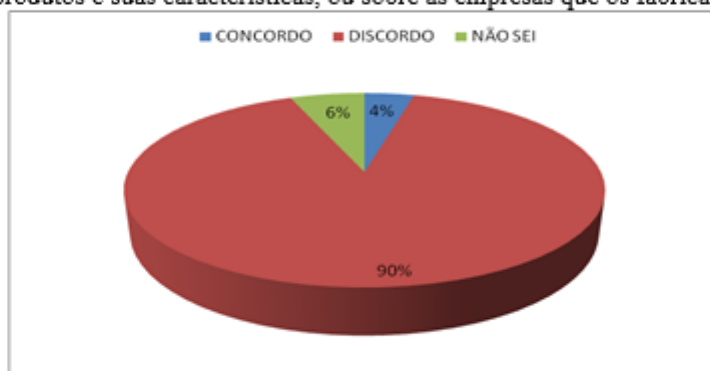
Figura 8: Gráfico – Não acho que eu deva me preocupar em verificar se as empresas fabricantes dos produtos que compro é poluidora ou não, pois em geral as fábricas ficam longe de minha casa.



Fonte: Dados da Pesquisa

As informações na embalagem de um produto revelam aspectos importantíssimos sobre o produto ou sobre a empresa que o produziu, trazendo transparência nas informações que faz a diferença na hora da compra. Tendo em vista que 90% dos respondentes desta pesquisa foram solícitos em afirmar que informações sobre os produtos e sobre as empresas são de suma importância na hora da decisão da compra. Segundo DUBOIS (apud. Tomasi, 1994) a teoria financeira Por exemplo, defende a ideia de que o consumidor sabe exatamente o que necessita e, ainda que se depare com diversos produtos, saberá sempre optar pelo que estiver mais de acordo com as suas expectativas e conhecimentos anteriores.

Figura 9: Gráfico – Não acho necessário que os rótulos e embalagens tragam informações detalhadas sobre os produtos e suas características, ou sobre as empresas que os fabricam.

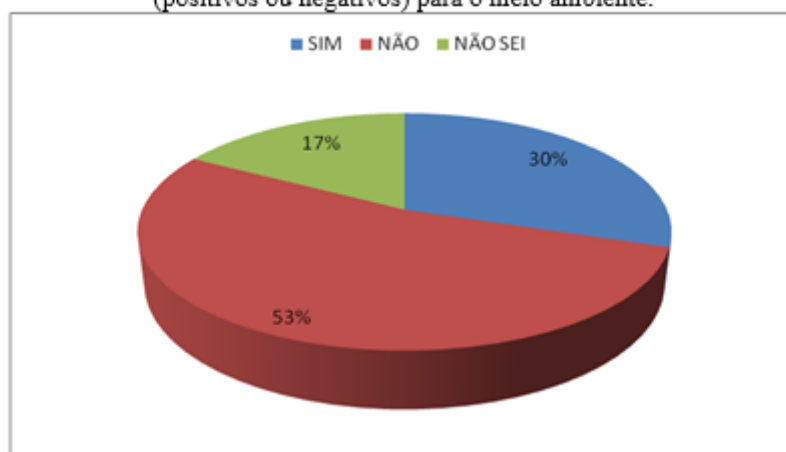


Fonte: Dados da Pesquisa

De acordo com o questionamento, nos últimos seis meses fiz alguma compra tendo como principal critério seus efeitos (positivos ou negativos) para o meio ambiente. Podemos observar da figura 10 que muitos dos respondentes ainda não se preocupam que, suas compras possam que mesmo de forma indireta contribuir com fatores que possam poluir o meio ambiente. Mas esta vertente tende a diminuir quando os consumidores passam a obter informações diárias vinculadas a meios seguros de comunicação. Segundo o instituto Akatu (2010). Apesar de surgir como um canal importante de informação, a internet em geral e as redes sociais em particular ainda sofrem de falta de credibilidade em relação ao seu conteúdo.

Estas duas são, entre todas as fontes de informação avaliadas, as de menor credibilidade, com apenas 15% e 13% de consumidores respectivamente as apontando com de alta credibilidade. Mais uma vez é possível constatar a força da televisão no Brasil. Além de ser, como visto, a principal fonte de informação sobre RSE, o noticiário na televisão também é a fonte de mais alta credibilidade, apontada por 36% do conjunto de consumidores.

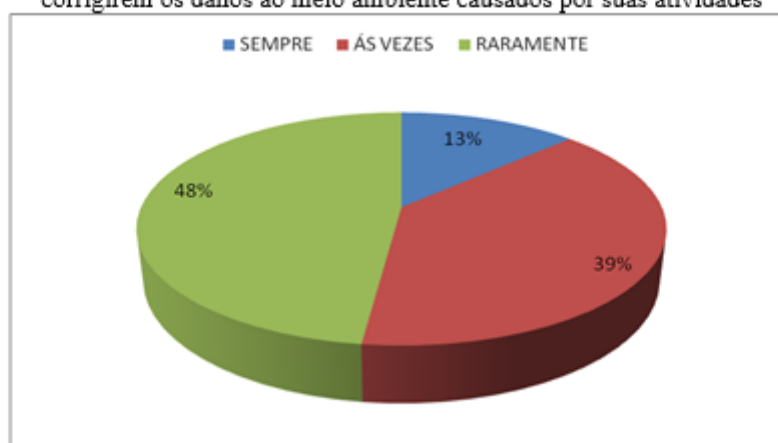
Figura 10: Gráfico – Nos últimos seis meses fiz alguma compra tendo como principal critério seus efeitos (positivos ou negativos) para o meio ambiente.



Fonte: Dados da Pesquisa

A figura 11 traz o seguinte questionamento, mobilizo a mim e a outros consumidores para incentivarem as empresas a prevenirem ou a corrigirem os danos ao meio ambiente causados por suas atividades. A análise da pesquisa mostra que, 48% dos consumidores raramente se mobilizam em causas ambientais, mostrando que uma grande fatia dos consumidores pesquisados ainda não participam ativamente destas mobilizações, efetuando assim os seus direitos e deveres de consumidores conscientes. Mas apesar de tudo podemos identificar que 39% dos pesquisados já atuam ou atuam frente a essas organizações. De acordo com Seiffert (2007), em virtude desse contexto, a educação ambiental deve ser considerada como importante instrumento de gestão ambiental para a materialização da visão do desenvolvimento sustentável.

Figura 11: Gráfico – Mobilizo a mim e a outros consumidores para incentivarem as empresas a prevenirem ou corrigirem os danos ao meio ambiente causados por suas atividades

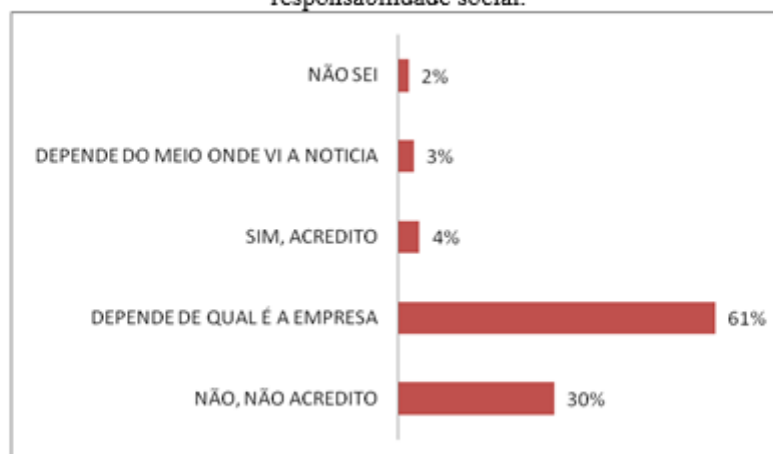


Fonte: Dados da Pesquisa

A pesquisa também revela que os consumidores estão premiando as empresas mais responsáveis e punindo as menos. Como veremos na figura 12 os consumidores estão mais

atentos com relação as notícias que as empresas divulgam nos meios de comunicação, eles repudiam a propagando enganosa. A mesma pesquisa revelou que que os consumidores só acreditam nesses fatos noticiados dependendo da marca conhecida ou da confiança que as empresas passam para o consumidor. Segundo o Instituto Akatu (2010) A relação do consumidor com as empresas que lhes fornecem produtos e serviços é sempre intensa. Seja no desejo e realização de aquisição destes produtos e serviços, no valor de status que sua utilização proporciona, nas reclamações geradas quando as expectativas iniciais são frustradas (nos canais oficiais ou nas conversas do dia a dia), na identificação e projeção com suas marcas, no cotidiano da comunicação na TV, revistas, jornais, etc.

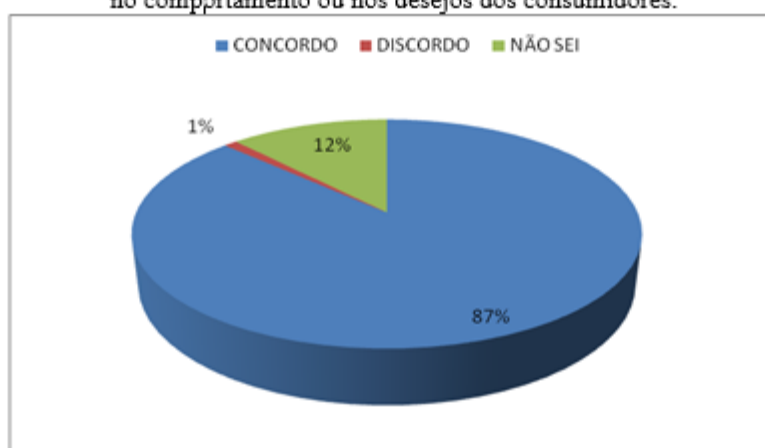
Figura 12: Gráfico – Você acredita que as empresas realmente fazem aquilo que elas divulgam em termos de responsabilidade social.



Fonte: Dados da Pesquisa

Quando questionados se mesmo grandes empresas estão sujeitas a ter problemas caso não se adaptem as mudanças no comportamento dos consumidores, verificou-se que 87% dos respondentes concordam que as empresas adotem estratégias para propagar o consumo consciente, divulgando seus princípios éticos, abraçando causas sociais, buscando formas de reduzir os impactos de suas atividades sobre o meio ambiente e informando o consumidor a respeito dessas ações. Segundo o Instituto Akatu (2010). Por outro lado, no processo de produção destes bens e serviços, as empresas exercem um grande impacto sobre os recursos naturais, econômicos e sociais tendo, por isso, grande responsabilidade sobre a forma como estes recursos são gerados, gerenciados, consumidos e descartados após a produção e consumo. Desta forma as empresas podem e devem exercer um papel de exemplo, educação e parceria na direção da ampliação do Consumo Consciente por seus consumidores e pela população em geral.

Figura 13: Gráfico – Mesmo grandes empresas estão sujeitas a ter problemas caso não se adaptam as mudanças no comportamento ou nos desejos dos consumidores.




Fonte: Dados da Pesquisa

5. CONSIDERAÇÕES FINAIS

Essa reflexão nos revela um novo modelo de conduta das empresas. Palavras como “diálogo”, “transparência”, “coerência”, “relacionamento” apareceram com frequência diante da emergência de um novo perfil de consumo, que exerce seu papel de cidadão por meio de um consumo mais consciente. O consumidor consciente não apenas reclama pelos seus direitos, mas também tem deveres a cumprir e atitudes a tomar. O comportamento do consumidor tem revelado um segmento crescente de consumidores que recompensam as empresas com reputação positiva e punem aquelas que parecem ignorar a questão ambiental e social.

Os resultados obtidos na pesquisa tornam possível concluir que uma parte da população de consumidores de Juazeiro do Norte é formada por pessoas na faixa etária de 18 a 45 anos e que é significativa a parcela de residentes com o ensino superior incompleto. Um percentual de 67% dos respondentes do sexo feminino em sua grande maioria solteiras e com renda familiar até quatro salários-mínimos. Enquanto uma ínfima parte tem renda superior a cinco salários-mínimos, o que evidencia uma forte concentração de renda, que compromete o desenvolvimento social e desafia a sociedade a buscar uma melhor distribuição da riqueza.

A preocupação com o meio ambiente tem apresentado uma dinâmica diferenciada nas organizações e nas nações nas quais estas se encontram. O mercado não mais aceita o descaso no tratamento dos recursos naturais. Os consumidores estão interessados em produtos limpos. A legislação torna-se mais rígida, cobrando penas mais rígidas aos infratores, obrigando as empresas a encarar com seriedade e responsabilidade a transformação ambiental em sua estratégia operacional.



Os grandes problemas que surgem da relação da sociedade com o meio ambiente são complexos e altamente inter-relacionados e, portanto, para serem entendidos e compreendidos nas proximidades de sua totalidade, precisam ser observados numa visão mais ampla.

Adequar-se às exigências ambientais dos mercados, governos e sociedade, apesar de levar a empresa a gastar um montante considerável, traz benefícios financeiros e vantagens competitivas.

A responsabilidade social não é um modismo e sim uma realidade no contexto empresarial, que acarreta alterações gradativas de comportamentos e de valores nas organizações, devendo estar presente nas decisões de seus administradores a nivelar seu relacionamento com a sociedade.

Posto isto, verifica-se que a sociedade é que dá permissão para a continuidade da empresa. Os detentores de recursos não querem arriscar indefinidamente seus patrimônios em companhias que se recusem a tomar medidas preventivas na área social e ambiental.

REFERÊNCIAS

CARVALHO, Isabel Cristina de Moura, *Educação Ambiental: A formação do sujeito ecológico*, São Paulo, Cortez, 2004.

DIAS, Reinaldo. **Gesta ambiental**: responsabilidade social e sustentabilidade – 1 ed. - 3 reimpor. -São Paulo: Atlas, 2008.

DONAIRE, Denis. **Gestão ambiental nas empresas**. 2ed. – 11. reimp. – São Paulo: Atlas, 2009.

GONTIJO, Leila Amaral; KELLER, Jacqueline; FERREIRA, Denize Demarche Minatti. As organizações e os desafios da redução do impacto ambiental. Organizado pelo programa de pós-graduação em administração da FEA – USP. **Anais do XII SEMEAD**. São Paulo, 2009.

INSTITUTO DE PESQUISA E ESTRATÉGIAS ECONÔMICAS DO CEARÁ - IPCE. Disponível em: <http://www.ipece.ce.gov.br>. Acesso em 27 mai. 2013.

INSTITUTO AKATU. **Descobrimo o consumidor consciente**: uma nova visão da realidade brasileira. 2005. Disponível em: <http://www.akatu.org.br>. Acesso em 24 out.2012.

INSTITUTO AKATU. **Responsabilidade social das empresas**: percepção do consumidor brasileiro. 2010. Disponível em: <http://www.akatu.org.br>. Acesso em 18 dez..2012.

LAS CASAS, Alexandre Luzzi. **Marketing**: conceitos, exercícios, casos. 8 ed. São Paulo: Atlas, 2009.

LOMBARDIA, Pilar García. Quem é a geração Y? **HSM Management**, n.70, p.1-7. set./out. 2008.



MATTAR, Fauze Najib. **Pesquisa de marketing**. 4 ed. São Paulo: Atlas, 1997.

OLIVEIRA, Sidnei. **Geração Y: Era das Conexões, tempo de Relacionamentos**. São Paulo: Clube de Autores, 2009.

PENNA, Carlos Gabaglia. **O estado do planeta: sociedade de consumo e degradação ambiental**. Rio de Janeiro: Record, 1999.

ROESCH, Sylvia Maria Azevedo. **Projetos de estágio e de pesquisa em administração**. 2 ed. São Paulo: Atlas, 1997.

SEIFFERT, Mari Elizabete Bernardini. **Gestão ambiental: instrumentos, esferas de ação e educação ambiental**. São Paulo: Atlas, 2007.

SPÍNOLA, Ana Luiza. **Consumo sustentável: o alto custo dos produtos que consumimos**. Revista de Direito Ambiental. São Paulo, v. 6, n. 24, p. 209-216, out-dez, 2001.

TACHIZAWA, Takeshy. **Gestão ambiental e responsabilidade social corporativa: estratégias de negócios focadas na realidade brasileira**. 4 ed. Revista e ampliada – 2. Reimpr. São Paulo: Atlas, 2007.

TOMASI, Antônio. **Da qualidade à competência: pensando no séc. XXI**. Campinas – SP. Papirus, 2004

VERGARA, Sylvia Constant. **Projetos e relatórios de pesquisa em administração**. 3 ed. São Paulo: Atlas, 2000.



CAPÍTULO 12

PRODUÇÃO AGRÍCOLA OU PECUÁRIA É SUSTENTÁVEL PARA O PEQUENO PRODUTOR? UM ESTUDO DE CASO⁷

Renato Alves de Oliveira, Doutor em Economia, UEPG, Professor de Ciências Econômicas
Suelen Isabel da Silva, Graduanda em Economia, PIBIC, UEPG

RESUMO

Este trabalho tem como objetivo comparar o sistema de produção agrícola em relação ao pecuário tendo como estudo de caso o pequeno produtor. Foram medidos o impacto econômico, identificados o investimento inicial da atividade e mensurados o bem-estar dos produtores e os impactos ambientais. Utilizou-se metodologia de contabilidade rural com aplicação de questionário para um agricultor no município de Ivaí-PR e outro questionário para um produtor de leite do município de Ipiranga-PR. Como resultado ambas as propriedades obtiveram prejuízo, no entanto é possível verificar a insustentabilidade do sistema pecuário frente ao sistema agrícola.

PALAVRAS-CHAVE: agrícola, pecuária, sustentabilidade rural, meio ambiente


1 INTRODUÇÃO

Devido à importância que a agropecuária desempenha mundialmente, por suprir as necessidades básicas da sociedade, diversas técnicas que modernizam e facilitam a produção em massa no meio rural estão surgindo, pois a agropecuária é considerada por muitos a base do sistema alimentar e cada vez mais estudos nessa área ganham valor.

Acredita-se que tanto a agricultura quanto a pecuária sempre existiram como um meio de sobrevivência do ser humano, que cultivava vegetais e criava animais para consumo próprio, e que com o passar dos anos os produtos oriundos da terra e dos animais começaram a ser comercializados, alavancando o interesse em técnicas que aumentassem a produtividade a fim de se obter altos ganhos.

Foi a partir disso que muitos problemas começaram a surgir, decorrentes dos novos métodos utilizados no processo produtivo. Desmatamento, poluição, erosão dos solos, esgotamento de recursos naturais, extinção de alguns animais, assoreamento dos rios, são alguns dos problemas que comprometem tanto a geração atual quanto a geração futura, visto

⁷ Programa Institucional de Bolsas de Iniciação Científica modalidade PIBIC



que o desejo de suprir a demanda por alimentos e de obter retornos econômicos não levaram em conta as agressões ecológicas.


Mas os problemas derivados da produção animal e agrícola não se restringem somente ao meio ambiente, sendo também associados a problemas de saúde humana. Segundo Veschi, Barros e Ramos (2010) a gordura de origem animal pode estar contaminada com substâncias químicas que aumentam o risco de desenvolvimento do câncer, distúrbios neurocomportamentais, disfunções do sistema imunológico e endócrino, deficiências reprodutivas e distúrbios sexuais, diminuição do período de lactação, aumento da incidência de diabetes, entre outras.

Além de ter se tornado insustentável ambientalmente, a agropecuária opera com ineficiência em muitas propriedades rurais, devido ao fato de que alguns produtores não fazem planejamento da produção, não controlam custos e não se preparam para possíveis perdas de produção incorrendo em prejuízos, como pode ser observado em (Cruz, 2017).

Dessa maneira a contabilidade de custos surge como uma excelente ferramenta de controle também no meio rural. (Crepaldi, 2012) traz em sua obra as finalidades específicas dessa ferramenta, que segundo ele são: orientar as operações agropecuárias; medir o desempenho econômico-financeiro da empresa e de cada atividade; controlar as transações financeiras; apoiar as tomadas de decisões referentes ao processo produtivo; auxiliar nas projeções de fluxos de caixa e necessidades de crédito; permitir comparações do desempenho da empresa rural no tempo e referente a outras empresas; conduzir as despesas pessoais do produtor e seus familiares; justificar a liquidez e a capacidade de pagamento da empresa junto aos agentes envolvidos que fornecem crédito para a mesma, servir de base para seguros, arrendamentos e outros contratos; e por fim gerar informações para declaração do imposto de renda.

Com a apuração de todos os custos envolvidos nas atividades agrícolas e pecuárias é possível verificar se é possível produzir sustentavelmente, com baixo custo, com rentabilidade, preservando o meio ambiente e atender a demanda por alimentos apenas com a agricultura, ou seja, sem a exploração animal por meio da pecuária.

O objetivo é comparar o sistema de produção agrícola contra o pecuário tendo como estudo de caso o pequeno produtor. Serão medidos o impacto econômico, identificados o investimento inicial para cada ramo de atividade analisada, o bem-estar dos produtores e mensurar os impactos ambientais.



Essa pesquisa visa contribuir para que os produtores rurais repensem o sistema de produção que estão utilizando em suas propriedades, que passem a fazer controle de todos os custos e identifiquem as externalidades geradas no processo adotado, e aderindo à busca do crescimento econômico sem destruir o meio ambiente e nem sacrificar a espécie humana. Também busca-se alertar sobre os problemas que a agricultura química e a pecuária animal causam na saúde e no meio ambiente.

Este artigo é composto por cinco tópicos, sendo o primeiro esta introdução, seguido do referencial teórico, metodologia aplicada, apuração e discussão dos resultados da pesquisa e por fim as considerações finais a respeito do tema.

2 REFERENCIAL TEÓRICO

2.1 CONTABILIDADE RURAL

Apurar os custos e receitas de uma atividade é essencial para o sucesso na produção, vistos que eles são determinantes diretos na lucratividade do negócio.


Com a modernização no campo e conseqüente aumento da produção, impulsionados pelas revoluções agrícolas, tornou-se necessário um maior controle das técnicas produtivas e seus respectivos gastos, isso levou ao desenvolvimento de diversos estudos sobre planejamento e sobre a contabilidade de custos das empresas rurais, capazes de auxiliar os produtores.

(Santos & Marion,1996) explicam a importância do planejamento nas empresas rurais, defendendo que se pode chegar a inúmeros benefícios com um planejamento adequado e que o planejamento ainda é capaz de elaborar previsões facilitando na tomada de decisões futuras.

A respeito da contabilidade rural, (Callado Antônio & Callado Aldo, 2015) apontam que mesmo com sua existência ela é pouco utilizada por ser considerada complexa e por não possuir retorno prático.

Uma contabilidade de custos é desenvolvida para atingir finalidades específicas, que podem estar relacionadas com o fornecimento de dados de custos para a medição de lucros, determinação da rentabilidade e avaliação do patrimônio, identificar métodos e procedimentos para o controle das operações e atividades da empresa e prover informações sobre custos através de processos analíticos. (Callado Antônio & Callado Aldo, p.88, 2015).

O apontamento feito acima é capaz de demonstrar o quão importante é ter um sistema de custos adequado, independente do ramo ou tamanho do negócio. (Callado Antônio & Callado Aldo, 2015) advertem que com as informações obtidas com um sistema de custos adequado, é possível identificar os gastos que estão reduzindo a lucratividade do negócio, sendo



possível também fazer comparativos de um período com o que era esperado a fim de identificar e controlar irregularidades.

Em seu trabalho, Crepaldi (2012) diz que uma das principais carências do setor agropecuário brasileiro está na administração ineficiente e que as práticas adotadas ainda são bastante tradicionais, sendo a contabilidade rural uma das ferramentas menos utilizada pelos produtores.

Ele explica que uma contabilidade eficiente é capaz de localizar os pontos fortes e fracos de cada atividade produtiva e da empresa como um todo, podendo-se tirar conclusões convictas e com diversas finalidades, e também permite identificar as possíveis necessidades de reduzir custos, buscar recursos ou expandir-se.

(Santos & Marion,1996) defendem que a contabilidade de custos se preocupa em identificar da maneira mais adequada possível se a empresa está auferindo lucro, além de se preocupar com o controle dos custos, por esse motivo desenvolve previsões a fim de comparar o quanto custou uma determinada atividade com o quanto deveria custar, analisando as variações para estudar a possibilidade de reduzir tais custos.

Ainda argumentam que a contabilidade de custos está voltada para a tomada de decisões, auxiliando o produtor a decidir quanto deve produzir para não ter prejuízo, qual produto deve cortar a fim de aumentar a rentabilidade, ajuda na escolha entre produzir alguns itens ou comprar de terceiros, entre outros questionamentos que a contabilidade de custos fornece as respostas.

Marion (2010) realça, especificamente para a pecuária, que conhecer os custos é imprescindível para gerir um negócio, não somente para apurar a rentabilidade, mas também para determinar o ponto ótimo de venda, para não cometer o erro de manter um método ou produto quando os custos são maiores que os ganhos.

Como se pode ver a contabilidade de custos é uma ferramenta indispensável no meio rural e é pouco utilizada, acredita-se que futuramente ela deva passar a ser obrigatória nas propriedades rurais para que aumente a competitividade agropecuária tanto no mercado interno como no mercado externo, colaborando também para que os produtores possam escolher alternativas que não despendem um custo elevado e ao mesmo tempo proporciona um uso adequado dos recursos naturais.



2.2 EVIDÊNCIAS EMPÍRICAS A RESPEITO DA CONTABILIDADE DE CUSTOS NA PECUÁRIA LEITEIRA E HORTICULTURA

Com o intuito de fornecer informações relacionadas às atividades agropecuárias, estudos que abordam segmentos específicos da produção no campo estão surgindo, a fim de analisar a viabilidade econômica do negócio. A seguir são abordados alguns trabalhos encontrados na literatura que tratam dos custos na pecuária leiteira e horticultura.


Mezadri e Stroparo (2017) buscaram analisar a relação entre os custos e a rentabilidade da atividade leiteira em uma propriedade localizada no município de Teixeira Soares – Paraná, para os anos de 2015 e 2016.

Os indicadores utilizados foram custo total de produção da atividade leiteira que corresponde aos gastos com atividades de produção do leite, criação e reposição dos animais, margem bruta que corresponde da diferença entre receitas brutas e custos operacionais dos produtos vendidos, margem líquida que mede em termos percentuais o quanto restou das vendas após todas as deduções de suas despesas, custo operacional que representa todos os desembolsos de dinheiro e o retorno da atividade leiteira que é obtido dividindo a margem líquida pela divisão dos custos totais.

Conforme o levantamento de custos da atividade para a propriedade em estudo, seguindo modelo desenvolvido pela Embrapa Gado de Leite em 2002, os custos variáveis da produção representaram 67,95% do total de custos em 2015 e os custos fixos representaram 32,05%. Já em 2016 os custos variáveis representaram 70,09% e os custos fixos 29,91% do total de custos da produção. O aumento nos custos variáveis em 2016 se explicou em parte devido ao aumento no preço das rações destinadas a alimentação, resultado da quebra na safra de grãos do ano.

Assim como os custos, a receita obtida com a produção leiteira também aumentou, devido ao aumento da quantidade de litros produzidos, aumento no valor médio recebido por litro de leite e aumento da receita obtida com a venda de bezerras.

Na análise de rentabilidade da atividade, tanto a margem bruta quanto a margem líquida se mostraram superiores para o ano de 2016 e em ambos os anos a produção apresentou lucro bruto, a receita líquida se mostrou suficiente para cobrir os custos e o retorno da atividade leiteira foi maior para o ano de 2016.



Com o objetivo de chegar ao custo de produção e resultado econômico da pecuária leiteira, (Hofer et al., 2004) realizaram um estudo tendo por base uma localidade no município de Marechal Cândido Rondon, no Paraná.

Para obter as informações necessárias à pesquisa os autores entrevistaram pessoas envolvidas na produção, observaram as atividades desenvolvidas e consultaram documentos e relatórios disponíveis. Após apropriação dos dados obtidos, chegou-se a um resultado positivo da atividade, tanto financeiramente quanto economicamente, no período de junho a outubro de 2003, mesmo a propriedade analisada não possuindo sistema de custos implantado.


(Reis et al., 2001) analisaram os custos de produção da atividade leiteira no sul de Minas Gerais, onde foram aplicados questionários junto aos produtores e caracterizando o trabalho como um estudo de multicasos.

Os resultados obtidos se referem ao período de março de 2000 a fevereiro de 2001 e mostraram que os custos fixos representaram 23,55% do custo final da atividade, sendo o fluxo de serviços de máquinas e equipamentos e as benfeitorias os fatores com maior representatividade. Os custos variáveis representaram 76,45% do custo final da produção, sendo os gastos com alimentação e mão-de-obra os fatores com maior representatividade. A produção média foi de 459,38 litros por dia e a receita média foi de R\$ 0,40 por litro de leite.

O custo operacional médio foi de R\$ 0,36 por litro de leite e foram cobertos pela receita média, indicando que a pecuária leiteira estudada apresentou resultado positivo. Contudo, a remuneração obtida foi menor que o custo total médio quando considerados os custos de oportunidade do capital, evidenciando situação econômica de descapitalização, o que levou a concluir que no longo prazo, caso a situação persista, o produtor precisaria buscar outras alternativas de aplicação do capital.

(Lopes et al., 2007) desenvolveram um trabalho comparando duas metodologias de apuração de custos. Os dados do estudo se referem a 162 propriedades rurais dos estados de Minas Gerais, São Paulo, Goiás, Paraná e Rio Grande do Sul, para o período de agosto de 2000 a julho de 2001.

A primeira metodologia refere-se ao modelo denominado “custo da atividade leiteira”, onde o custo da produção de leite é estimado a partir do custo total da atividade leiteira. A segunda metodologia denomina-se “centro de custos do leite”, onde o custo da produção de leite é estimado como sendo um subsistema do sistema global da atividade leiteira, ou seja, analisado individualmente.



Os resultados obtidos mostraram que os custos totais médios calculados através da primeira metodologia são superiores aos custos totais médios calculados pela segunda metodologia e que de acordo com primeira metodologia os Estados de São Paulo e Rio Grande do Sul apresentaram os maiores custos, já de acordo com a segunda metodologia os Estados de São Paulo e Goiás apresentaram os maiores custos.

O estudo também mostrou que os produtores dos Estados de São Paulo e de Minas Gerais apresentaram um preço médio superior aos demais estados, porém os custos variáveis médios de todos os estados são cobertos pelo preço médio recebido nas duas metodologias, concluindo-se que a atividade leiteira tem condições para continuar produzindo no curto prazo.

Objetivando identificar e calcular os custos incorridos na produção de leite, Beterli (2018) desenvolveu um estudo analisando a produção em uma propriedade no município de Turvo – Santa Catarina. A coleta de dados se deu pelo acompanhamento dos gastos mensais com a produção, no período de abril de 2017 a março de 2018.


Conforme a pesquisa a receita bruta obtida com a venda do leite variou de R\$ 1.751,20 a R\$ 3.246,88, o preço pago ao produtor apresentou queda desde abril de 2017, começando a dar sinais de aumento somente em fevereiro e março de 2018.

Pelo lado dos custos, nos custos variáveis, que representaram 86,48% da receita obtida, o fator que se mostrou mais representativo foi a ração dada aos animais, seguido pela taxa de administração, sal mineral, Funrural e penalizações. Nos custos fixos o fator que apresentou maior representatividade foi a mão de obra, seguida pela depreciação dos animais, máquinas e equipamentos, ração dada as novilhas, energia e água, produtos de limpeza, remédios, inseminações, adubação, pastagem, e por fim manutenção.

Após ter sido realizada a dedução de todos os valores coletados, chegou-se ao resultado da atividade leiteira, notando-se que esta apresentou lucro apenas no mês de janeiro, tendo como resultado final prejuízo na atividade na referida propriedade.

(Araújo et al., 2008) analisaram os custos e a rentabilidade da produção de cebola na região do submédio São Francisco, que abrange municípios pertencentes ao Estado da Bahia e Pernambuco.

A análise mostrou que os fatores que mais afetam os custos são a sacaria, adubos e fertilizantes, e os defensivos agrícolas no segmento de insumos. Já no segmento de serviços os fatores com maior representatividade no custo de produção foram a irrigação, o transplante e o beneficiamento.



O custo total foi R\$ 9.018,70 por hectare, a receita bruta foi de R\$ 13.600,00, o ponto de nivelamento que representa a quantidade necessária para cobrir os gastos totais foi de 13,262 quilogramas por hectare e a margem de segurança que revela que para a receita se igualar a despesa, a quantidade ou o preço de venda pode cair até 34%, esses dados revelam que a produção de cebola na região em estudo é uma atividade rentável.


Com o objetivo de caracterizar o custo de produção e determinar a rentabilidade da cultura do tomateiro, (Araújo & Araújo, 2008) levantaram dados do processo produtivo na região do submédio São Francisco, para o ano de 2007. Os valores obtidos revelaram que os insumos correspondem a 55% dos custos operacionais totais e que os adubos químicos foram o item que mais onerou os custos, respondendo por 30%.

O valor médio anual de comercialização do tomate para o Polo de Juazeiro-Petrolina foi de R\$ 0,49 o kg e a produtividade média foi de 40.000 kg por hectare. Constatou-se que a receita bruta foi de R\$ 19.600,00 por hectare, a margem líquida ou lucro foi de R\$ 11.585,50, o retorno sobre o investimento passou de 144%, o ponto de nivelamento mostrou que seria necessário produzir 16,356 kg por hectare para igualar a receita aos custos, e a margem de segurança mostrou que a quantidade produzida ou preço de venda do produto pode cair até 59%, concluindo-se que a produção apresenta resultados economicamente favoráveis.

Souza e Garcia (2013) desenvolveram um estudo com o objetivo de comparar indicadores econômicos e financeiros dos sistemas de cultivo orgânico e convencional de dez espécies de hortaliças, usando uma base de dados do período de 1990 a 2009, para uma Unidade de Referência em Agroecologia do INCAPER, no município de Domingos Martins – Espírito Santo.

A cultura da abóbora, em ambos os sistemas de cultivo, foi a que apresentou menor custo de produção, sendo 27% menor o custo no sistema orgânico do que no convencional devido, basicamente, aos gastos com adubos e corretivos. A produtividade no sistema orgânico de abóbora foi de 7323 kg por hectare a um custo de R\$ 0,49 por kg do produto e no sistema convencional foi de 8500 kg por hectare a um custo de R\$ 0,58 por kg, fazendo com que a receita do sistema orgânico fosse 20,6% maior (preço pago pelo produto orgânico também foi maior).

Para a cultura do alho os gastos com o sistema orgânico foram maiores, o que se atribuiu aos maiores custos com alho-semente orgânico, embalagens e frete. Porém, a receita bruta obtida no sistema orgânico foi 85,0% maior que a receita bruta do sistema convencional, devido



ao preço pago ao produtor de alho orgânico. As produtividades obtidas foram de 6646 kg por hectare e 6350 kg por hectare para os sistemas orgânico e convencional, respectivamente.

Os custos da produção de batata foram semelhantes. Os maiores custos com alho-semente, frete e embalagens do sistema orgânico foram proporcionais aos maiores custos com pesticidas e adubos do sistema convencional. A receita bruta da batata orgânica, por sua vez, foi 113% superior à receita bruta da batata convencional, devido ao preço de mercado bastante diferente.

Na produção de cenoura novamente os custos foram semelhantes, sendo diferente apenas a participação de cada componente. A produtividade do sistema convencional foi de 28000 kg por hectare frente a uma produtividade de 23547 kg por hectare no sistema orgânico. A receita bruta do sistema convencional também se mostrou superior, mesmo com o preço de mercado maior em R\$ 0,04 para o sistema orgânico.

O morango foi uma cultura que se mostrou rentável para ambos os sistemas de produção, mesmo tendo seus custos mais elevados, decorrente da abundante mão-de-obra que a cultura necessita. O sistema orgânico apresentou receita bruta de R\$ 175.881,70 com uma produtividade de 26.251 kg por hectare e o sistema convencional apresentou receita bruta de R\$ 180.000,00 com uma produtividade de 36.000 kg por hectare.

O pimentão indicou um custo de produção semelhante às outras culturas, apresentando diferenças nos componentes que mais oneram cada custo de produção, sendo o gasto com embalagens e frete no sistema orgânico e adubos/corretivos e pesticidas no sistema convencional. O sistema convencional apresentou produtividade de 30.000 kg por hectare, com uma receita bruta de R\$ 30.300,00 frente a receita bruta de R\$ 37.755,30 do sistema orgânico.

A cultura do quiabo também apresentou custos semelhantes entre as formas de cultivo, diferindo nas participações percentuais de cada componente, novamente embalagens e frete tiveram maior participação no sistema orgânico e no sistema convencional a mão-de-obra e os adubos/corretivos. Já a receita bruta de ambas as culturas não foi suficiente para cobrir seus respectivos custos, sendo de R\$ 19.923,00 para a cultura orgânica, que apresentou custo de R\$ 20.060,24, e uma receita bruta de R\$ 13.950,00 do sistema convencional frente a um custo de R\$ 18.007,60.

O repolho apresentou custo de produção menor para o sistema orgânico, R\$ 11.099,67 contra R\$ 14.096,00 do sistema convencional (por hectare). As produtividades foram de 56.553



kg/ha e 47.102 kg/ha e a receita bruta foi de R\$ 25.448,85 e R\$ 14.601,62 dos sistemas orgânico e convencional, respectivamente.

Os indicadores do taro mostraram receita bruta de R\$ 21.831,93 para o sistema orgânico e R\$ 16.790,00 para o convencional. As produtividades foram de 22.569 kg/ha (orgânico) e 23.000 kg/ha (convencional), com custos semelhantes.

Por fim, o tomate, grande demandante de adubos/corretivos e pesticidas no sistema de cultivo convencional apresentou um custo de R\$ 8.902,40 por hectare, quase o dobro do custo de produção orgânica que foi de R\$ 4.412,30. A receita bruta do sistema orgânico foi 18% maior que a receita bruta do sistema convencional, devido a grande diferença nos custos e também no preço de venda que é 108% mais alto para o tomate orgânico.

2.3 SUSTENTABILIDADE AMBIENTAL E SUA RELAÇÃO COM A AGROPECUÁRIA

Como se pode notar tanto a pecuária leiteira, quanto a horticultura apresentam, em sua maioria, boa viabilidade econômica, segundo os estudos analisados, mas há um problema por trás destes sistemas de produção que é deixado de lado por grande parte dos produtores e consumidores.

O custo social e ambiental proveniente da pecuária e da agricultura química vem se tornando tema de muitos trabalhos, pois o uso de fertilizantes, agrotóxicos e adubos químicos nos sistemas agropecuários têm contribuído com o aparecimento de problemas de saúde, com a poluição do solo, poluição das águas e do ar. Não bastasse isso, a pecuária é considerada uma das grandes responsáveis pelo efeito estufa, pelo desmatamento e ligada à exploração ambiental.

Essa exploração ambiental está diretamente ligada ao avanço do complexo desenvolvimento tecnológico, científico e econômico que, muitas vezes tem alterado de modo irreversível, o cenário do planeta e levado a processos degenerativos profundos da natureza. (RAMPAZZO, pag. 198, 1996).

Tal exploração vem aumentando devido às elevadas taxas de consumo da população, que ocasionaram no acontecimento de quatro revoluções agrícolas e contribuíram para o uso de defensivos químicos, produção em massa e uso de técnicas antes desconhecidas na agropecuária.

O consumo e produção irracionais do ser humano estão influenciando diretamente a ocorrência do efeito estufa, comprometendo tanto as gerações atuais quanto as gerações futuras, seja da espécie humana ou de qualquer organismo vivo aqui existente.



Segundo (Artaxo & Coutinho, 2015) muitas das questões que enfrentamos hoje, já eram existentes no passado, porém a diferença está na escala, na velocidade e na amplitude do processo e defendem que é essencial que as emissões de gás carbônico sejam reduzidas, utilizando os recursos naturais de maneira mais eficiente e inteligente, o mais rápido possível.

O gás carbônico e o gás metano estão entre os principais gases causadores do efeito estufa, dessa maneira (Empinotti, 2015) alerta que a agropecuária é uma das principais fontes de emissão de gás carbônico, pois a transformação de florestas em áreas de pecuária e agricultura utiliza-se das queimadas e do desmatamento, além das práticas de preparo do solo para plantio que também são responsáveis pela emissão.


Além disso, “o manejo de rebanhos é responsável por uma média de 19% das emissões de gás metano (CH₄), o segundo principal gás causador de efeito estufa, e a queima de biomassa contribui com 8% a 10% das emissões na região da Amazônia brasileira” (BESEN & GRANDISOLI, pag. 67, 2015).

Segundo (Veschi et al., 2010) toda atividade produtiva gera impactos sobre o ambiente, mas as atividades agropecuárias provocam modificações físicas, químicas e biológicas e a magnitude depende da proporção de cada atividade.

As práticas de cultivo que alteram o solo contribuem para o aceleração das perdas de carbono, promovendo maior mineralização do nitrogênio, fósforo e enxofre, e que os nutrientes mais importantes para as pastagens são provenientes de resíduos vegetais e excreções animais, ou seja, os resíduos vegetais e animais são fundamentais para recuperação do solo desde que sejam aproveitados.

Ainda segundo os mesmos autores há estudos que mostram que é possível obter uma atividade econômica agropecuária rentável conservando os recursos naturais, sem causar o desgaste do solo, e até contribuindo para a recuperação das áreas degradadas, mas o manejo e a gestão inadequada da criação animal têm levado a degradação de pastagens e sendo um obstáculo para a pecuária bovina sustentável.

(Zen et al., 2008) abordam que o sistema extensivo da bovinocultura gera destruição de ecossistemas ambientais, degradação do solo, poluição dos recursos hídricos e como outros autores, apontam a pecuária como grande emissora de gases causadores do efeito estufa, e conforme estimativas o rebanho bovino emite cerca de 9% do total desses gases, sendo maior que a emissão causada pelo setor de transportes.



Conforme esses autores, desconsiderando as emissões causadas pelas queimadas e o desmatamento, a pecuária de corte e leiteira entram como principal fonte de emissão dos gases e colocam como alternativas para amenizar os problemas causados pela pecuária, as melhorias nas pastagens, implantação de sistema rotativo, confinamento e semiconfinamento, sistemas de integração lavoura-pecuária e sistemas silvipastoris.

3 METODOLOGIA

A metodologia utilizada será o método quantitativo para levantamentos e análise de dados primários e método de natureza qualitativa. Os dados serão coletados por meio de entrevistas. A amostragem será não probabilística, pois as unidades produtivas serão selecionadas de acordo com o acesso.

O questionário pode ser construído com perguntas com respostas abertas, e/ou fechadas (dicotômicas, de escolha e de escala) (Zanella, 2009).


Buscando atender os objetivos dessa pesquisa foram elaborados dois questionários, um para cada sistema de produção devido suas particularidades, para aplicá-los diretamente nos produtores rurais com base ao ano de 2018.

Os questionários foram desenvolvidos com base na leitura de livros, artigos e outros documentos consultados na internet e contém em sua maioria questões abertas.

O questionário da agricultura foi aplicado a um produtor de horticultura no município de Ivaí – Paraná em maio de 2019, e abordou 51 questões envolvendo as características da propriedade, sistema produtivo e questões ambientais. Para ter acesso ao produtor foi realizado contato telefônico a fim de marcar uma visita em sua propriedade, que durou em torno de aproximadamente duas horas.

Já o questionário da pecuária foi aplicado a um produtor de leite do município de Ipiranga – Paraná em abril de 2019, e abordou 67 questões envolvendo as características da propriedade, sistema produtivo, características e cuidados com os animais e questões ambientais e sanitárias. Para ter acesso a esse produtor também foi realizado contato telefônico a fim de marcar uma visita em sua propriedade, que durou em torno de quatro horas.

Além da aplicação dos questionários junto aos produtores rurais, a pesquisa contou com revisão bibliográfica sobre a contabilidade de custos, sustentabilidade ambiental relacionada à agropecuária e análise de estudos realizados anteriormente sobre os custos na pecuária leiteira e na horticultura.



Para apuração dos custos de produção o estudo foi baseado na terminologia de Valle. “O custo da produção compreende o conjunto de todas as despesas que devem ser suportadas para obtenção dos produtos” (VALLE, p. 102, 1987).

Esses custos podem ser divididos em diretos e indiretos. Aqui será apurado somente o custo direto, que segundo (Valle, 1987) consiste nas despesas que recaem sobre a produção agropecuária (sementes, fertilizantes, alimentação dos animais, medicamentos, defensivos, mão-de-obra, entre outros), deixando de lado variáveis como impostos e taxas, reparações dos equipamentos e construções, depreciações etc.

A receita obtida com a comercialização das hortaliças e do leite e o investimento inicial foram também obtidos diretamente com os produtores.

4 RESULTADOS

4.1 CARACTERÍSTICAS DAS PROPRIEDADES EM ESTUDO

A propriedade agrícola em estudo, localizada na área urbana do município de Ivaí, possui 1 alqueire de tamanho, sendo 3900 m² de área ocupada por construções, 1800 m² com mata ciliar e mata nativa e 18500 m² com plantações e foi adquirida através da compra, não possuindo cercas ao seu redor.


Por outro lado, a propriedade pecuarista em estudo, localizada na área rural do município de Ipiranga, possui 203 alqueires de tamanho, sendo 53 alqueires a área de preservação permanente, 26 alqueires a área de manejo florestal, 100 alqueires a área destinada para produzir soja, feijão e milho e 24 alqueires a área ocupada por pastagens e foi adquirida através da compra, possuindo cercas ao seu redor e pastagens cultivadas.

4.2 SISTEMAS PRODUTIVOS DAS PROPRIEDADES EM ESTUDO

4.2.1 SISTEMA PRODUTIVO AGRÍCOLA

Os produtos cultivados na propriedade agrícola que está sendo analisada são diversos, tais como: tomate, morango, alface, repolho, couve-flor, brócolis, entre outras, que geram um volume de produção em torno de 30 toneladas por ano e que servem também para o consumo familiar e dos funcionários, também há o cultivo de algumas frutas e flores de caixaria.

A inserção do produtor neste mercado se deu devido a necessidade da população do município em produtos frescos, ou seja, colhidos na hora. Desde que o produtor entrou para esse mercado alguns avanços foram alcançados, como exemplo ele citou o aumento no tamanho da horta de 10% por ano, num período de 10 anos, e nos últimos três anos a produção



estabilizou-se, a maneira de realizar os serviços também mudaram, pois antes todas as atividades eram realizadas manualmente e agora são mecanizadas.

Como em todo mercado, nesse também existem vantagens e desvantagens, que são citadas pelo produtor. Os fatores climáticos, pragas e doenças são destacadas como as principais dificuldades que ele encontra para produzir, além da dificuldade em produzir fora da época de cada cultura. Pelo lado das vantagens ele cita poder auferir uma renda média durante todo o ano e conseguir obter retorno em uma pequena área de terra.

As etapas do processo produtivo das hortaliças compreendem primeiramente a semeadura das sementes em bandejas, em seguida é feito o preparo do solo com trator, depois é realizado o transplante das mudas, realizados os tratamentos culturais necessários (capina e pulverização), por fim é feita a colheita manual e em seguida a venda direta ao consumidor na loja comercial do produtor, que se encontra na mesma propriedade da horta.

A mão-de-obra utilizada nas atividades descritas acima é composta por seis pessoas no total, que não possuem treinamentos e capacitação específica para trabalhar na produção, dessas seis pessoas três são da família do produtor, incluindo ele, e três são funcionários contratados.


Referente ao uso de tecnologias empregadas no processo produtivo, foi citada a técnica de correção do solo, irrigação por aspersão e via gotejo e o uso de cobertura plástica.

Uma prática que pode ser considerada o diferencial no negócio desse produtor é o próprio consumidor ir até a propriedade para comprar os produtos na loja comercial, não sendo necessário gastar com transporte e também possibilitando ao consumidor que conheça a origem do produto que está comprando.

4.2.2 SISTEMA PRODUTIVO PECUÁRIO

Os produtos gerados na propriedade pecuária em análise são: leite, carne, soja, feijão e milho, sendo o leite o foco deste trabalho, que gera um volume de produção em torno de 500 litros por dia. Desses 10 litros são utilizados para o consumo familiar e de empregados diariamente.

A inserção do produtor se deu devido à família já trabalhar na produção, e ocorreu em 1990. No decorrer dos 18 anos que o produtor se encontra no mercado foi verificada diminuição dos custos de produção, particularmente devido a dieta do animal e também ocorreu diminuição na produtividade acompanhada de aumento no lucro.



As principais dificuldades encaradas pelo produtor se dá pela falta de animais para reposição, sendo necessário buscar fora do município ou até mesmo fora do estado; estradas ruins para transportar o animal; preços dos insumos no município são mais elevados do que fora; não há cursos profissionalizantes para os funcionários, sendo assim há falta de mão-de-obra especializada e por fim, as quedas de energia atrapalham o processo produtivo.

Já pelo lado das vantagens, o produtor enxerga esse mercado como um mercado em expansão devido a necessidade de alimentos derivados do leite e do próprio leite em si, a tradição familiar também foi apontada como vantagem pelo fato de ser considerada uma realização para o produtor em continuar na mesma área.

Referente às etapas de produção do leite, elas são as seguintes:


- Nascimento do animal;
- Com 1 ano e 4 meses inicia-se a cobertura (prenhez);
- Após o nascimento do bezerro, inicia-se a lactação que dura em torno de 10 meses;
- Por fim, o ciclo se repete até 8 ou 9 anos de vida do animal, que em seguida vai para descarte.

Pelo lado das tecnologias o produtor apontou a tecnologia de raça; a utilização de tamponante (alga) na alimentação; ração com sais minerais; vacinas; internet para verificar questões relacionadas ao tempo; e aplicativos bancários, a fim de realizar pagamentos sem sair de casa.

A mão-de-obra utilizada no processo produtivo conta com 8 funcionários assalariados e o produtor que trabalha em todas as etapas, além de utilizar serviços de empreita em algumas atividades. Todos os funcionários assalariados passaram por cursos de inseminação, pastagem e manejo.

Outra questão de extrema importância na produção se refere ao transporte do leite, que é realizado a cada dois dias, aonde um caminhão sai do município de Ponta Grossa – PR, e vai até a propriedade para buscar o leite, o valor cobrado pelo serviço não é conhecido, pois é descontado diretamente do preço que o produtor recebe pelo produto.

Também, segundo o pecuarista na área que é destinada às pastagens e ao cultivo de grãos que servem de alimento para os animais poderia ser utilizada para produzir em torno de 72.000 kg de alimentos para humanos.



Dentre os alimentos produzidos dentro da propriedade que servem de consumo para os animais estão o milho, a aveia em grãos, a silagem de milho e a silagem de aveia, sendo necessário 4 kg de grãos por dia o suficiente para alimentar cada animal, que compõem o total da alimentação de cada animal, que gira em torno de 15 a 20 kg por dia da produção gerada no meio agrícola.

4.3 QUESTÕES AMBIENTAIS E SANITÁRIAS DAS PROPRIEDADES EM ESTUDO

4.3.1 AGRICULTURA

As embalagens dos insumos que são utilizados na plantação são devolvidas para Associação dos Revendedores de Insumos Agropecuários dos Campos Gerais, que possuem depósitos para reciclagem e incineração das mesmas.

A aplicação de agrotóxicos na horta é realizada pelo próprio produtor e a quantidade de água consumida com estes tratamentos/pulverizações e irrigação gira em torno de 30.000 litros por dia, além do gasto de água para lavar as hortaliças que gira em torno de 10.000 litros por mês.


Para preservação do solo é realizado o plantio em nível e a adubação verde, que consiste na prática de adicionar plantas leguminosas ou gramíneas na superfície do solo com intenção de enriquecê-lo. Já para preservação das fontes de água superficiais ou subterrâneas é preservada a mata ciliar e foi feito o plantio de 3.000 mudas de árvores nativas, doadas pelo Instituto Paranaense de Assistência Técnica e Extensão Rural (EMATER). Outro ponto importante é que desde a inserção no mercado em questão, a fronteira agrícola aumentou em torno de 17.000 metros quadrados.

Em relação à fiscalização que a produção passou durante o ano de 2018, foram retiradas amostras das hortaliças pela Agência de Defesa Agropecuária do Paraná para verificar se havia resíduos dos agrotóxicos usados.

4.3.2 PECUÁRIA

Os dejetos produzidos pelos animais da propriedade são utilizados para adubação do solo e proporcionam um ganho para o produtor, que passa a depender menos da adubação química.

Além da adubação orgânica o solo conta com técnicas que são utilizadas e vistas como auxiliares na preservação do mesmo. Sendo a rotação de culturas, o plantio direto, a cobertura vegetal e a calagem realizada a cada quatro anos.



Os mananciais, córregos e rios também contam com um cuidado especial que consiste na preservação dos mesmos e na preservação da mata ciliar.

Referente a quantidade gasta de água envolvendo todo o processo produtivo, esta é consumida em maior quantidade diretamente pelos animais, sendo em torno de 20.000 litros por dia. Já nas pulverizações dos grãos que servem para alimentar o rebanho é gasto em torno de 300.000 litros por ano.

A fiscalização sanitária da produção é feita através de amostras de leite coletadas diariamente, que são mandadas para análise laboratorial e se detectado algum problema há perda da carga total daquele dia em que a amostra apresentou problemas. Por fim, quando um animal morre ele é enterrado em uma local específico da propriedade.

4.4 QUESTÕES REFERENTES AOS ANIMAIS DA PROPRIEDADE PECUÁRIA EM ESTUDO

A quantidade total de animais é de aproximadamente 400 cabeças, sendo 100 em pastagens e 300 no confinamento. Os animais do confinamento se referem ao gado leiteiro e pesam em média 600 kg cada um.

Esses animais contam com atendimento de médico veterinário regularmente e recebem vacinas para febre aftosa, pasteurelose, brucelose, carbúnculo e raiva. Também recebem vermífugos quatro vezes por ano e medicamentos curativos, como iodo, detergente alcalino, detergente ácido, carrapaticidas, mosquicidas, penicilina, entre outros.

As raças, do gado leiteiro, trabalhadas na propriedade são Red Angus, Braford e Nelore, e quando esses animais chegam ao fim do ciclo produtivo são vendidos ao frigorífico para abate, proporcionando ao produtor uma receita com a venda.

4.5 INVESTIMENTO INICIAL, CUSTOS DE PRODUÇÃO E RECEITA DAS PROPRIEDADES EM ESTUDO

4.5.1 HORTICULTURA

O investimento feito pelo produtor para arcar com o processo produtivo, foi para construir as instalações da propriedade e para compra de máquinas e equipamentos. Nas construções realizadas o desembolso foi de R\$ 50.000,00 e para aquisição de máquinas e equipamentos o desembolso foi maior, sendo de R\$ 65.600,00, totalizando R\$ 115.600,00.

Já o custo de produção, referente ao ano de 2018, foi R\$ 69.000,00, conforme a metodologia utilizada. Os itens com maior expressão foram a mão-de-obra e os fertilizantes



químicos e corretivos para o solo, sendo desembolsados, respectivamente, R\$ 39.600,00 e R\$ 9.600,00.

Os demais itens que compunham o custo total de produção foram:

- Sementes: R\$ 6.000,00;
- Encargos Sociais: R\$ 6.000,00;
- Defensivos: R\$ 3.600,00;
- Adubação Orgânica: R\$ 2.400,00;
- Combustível gasto nos serviços da horta: R\$ 1.800,00.

O preço obtido por kg das hortaliças foi em torno de R\$ 1,75, gerando uma receita anual de R\$ 52.500,00.

Nota-se que tal propriedade apresentou como saldo final um valor de R\$ - 16.500,00, ou seja, obteve prejuízo no período analisado.


4.5.2 PECUÁRIA

O investimento realizado para arcar com todo o processo produtivo foi em torno de R\$ 2.000.000,00. Segundo o produtor, para construir as cercas da propriedade o gasto foi de R\$ 400.000,00, na aquisição de máquinas e equipamentos o gasto foi de R\$ 1.194.000,00 e nas construções feitas para auxiliar na produção o gasto foi de R\$ 430.000,00, com esses valores o total identificado foi de R\$ 2.024.000,00.

Referente aos custos de produção, para o ano de 2018, o custo total foi de R\$ 1.863.960,00. Os itens com maior expressão foram o gasto na compra de animais, sendo de R\$ 1.200.000,00 e o item outros, que corresponde ao gasto adicional que se tem com os animais por estarem no sistema de confinamento, sendo de R\$ 216.000,00.

Os demais itens que compunham o custo total de produção foram:

- Adubação e tratamentos das pastagens e grãos usados na alimentação dos animais: R\$ 127.500,00;
- Alimentação: R\$ 105.300,00;
- Mão-de-obra: R\$ 100.800,00;
- Sementes: R\$ 32.250,00;
- Encargos sociais: R\$ 26.250,00;

- 
- Empreita: R\$ 18.750,00;
 - Medicamentos: R\$ 13.800,00;
 - Combustível: R\$ 10.080;
 - Seguro da produção: R\$ 7.500,00;
 - Médico veterinário: R\$ 4.230,00;
 - Vacinas: R\$ 1.500,00.

O preço obtido por litro de leite foi de R\$ 1,40, gerando uma receita de R\$ 255.500,00, somado a receita obtida com os animais que deixam de produzir e são vendidos ao frigorífico, que gerou em torno de R\$ 900.000,00 no período analisado, então a receita total obtida foi de R\$ 1.155.500,00.

Nota-se que tal propriedade apresentou como saldo final um valor de R\$ (- 708.460,00), ou seja, obteve prejuízo no período analisado.


5 CONSIDERAÇÕES FINAIS

O objetivo do presente trabalho foi comparar o sistema de produção agrícola contra o pecuário por meio da obtenção de informações diretamente com produtores rurais, identificar o investimento inicial para cada ramo de atividade analisada, o bem-estar dos produtores e mensurar os impactos ambientais.

Observou-se que os custos e o investimento inicial da pecuária se mostraram superiores aos da agricultura, ressaltando que o volume de produção e a renda da pecuária foram maiores. Porém mesmo com volume de produção e renda superior, a pecuária apresentou um saldo final significativamente pior que o da agricultura.

Ambas as atividades apresentaram saldo negativo, o que pode justificar-se devido a nenhum dos produtores utilizar um sistema de controle de custos. Isso não descarta a hipótese adotada para esse trabalho, pois a agricultura opera numa área menor e mesmo assim o saldo obtido foi melhor comparado ao da pecuária.

Visto que os produtores adquiriram financiamentos, esses podem ser justificados devido aos altos custos que os mesmos tiveram para manter a produção. No caso da pecuária o mesmo foi usado para comprar animais, construir instalações e arcar com os gastos do sistema de confinamento.



A receita obtida com a produção de leite não é considerada suficiente para proporcionar o bem-estar familiar, sendo necessário trabalhar com culturas alternativas. Já a receita obtida com a produção de hortaliças é considerada suficiente para proporcionar o bem-estar familiar, mas mesmo assim o produtor trabalha com a soja para aumentar a renda.

Referente ao uso de água nos sistemas de produção, ambas se mostraram grandes demandantes, sendo o gasto com irrigação e pulverizações na agricultura em torno de 30.000 litros por dia e na pecuária o gasto maior se dá pelo próprio animal, ficando em torno de 20.000 litros por dia, além da água utilizada para produzir grãos para ração.

Também foi identificado que os produtores procuram adotar medidas que preservem o solo, a mata ciliar, os córregos e rios. Porém, ambos aumentaram a fronteira agrícola de suas propriedades desde que entraram para o mercado.

Trabalhos futuros podem buscar analisar culturas diferentes para fim de comparação, tais como pecuária de corte, suinocultura, produção de grãos, entre outros. Buscar possibilidades aos pecuários para migrarem para agricultura de modo que minimizem o risco e sejam mais sustentáveis preservando o meio ambiente. Também pode-se trabalhar com períodos de tempo maiores para verificar a sustentabilidade.

REFERÊNCIAS

Araújo, J. L. P.;& Araújo, E. P. (2008). *Análise dos custos de produção e rentabilidade da cultura do tomateiro na região do Submédio São Francisco*. In: Congresso Brasileiro de Olericultura, 48, Maringá.

Araújo, J. L. P.; Araújo, E. P.;& Correia, R. C. (2008). *Análise dos custos de produção e rentabilidade da cultura da cebola na região do Submédio São Francisco*. In: Simpósio de Engenharia de Produção, XV, Bauru.


Artaxo, P.; & Coutinho, S. M. V. (2015). *Complexidade científica das mudanças climáticas e os acordos internacionais*. In: JACOBI, P. R. et al. Temas atuais em Mudanças Climáticas. 1. São Paulo.

Besen, G. R.;& Grandisoli, E. (2015). *Resíduos sólidos e as mudanças climáticas*. In: Jacobi, P. R. et al. Temas atuais em Mudanças Climáticas. 1. São Paulo.

Beterli, L. B. (2018). *Custos na produção de leite em uma pequena propriedade de Turvo/SC*. Repositório Institucional da Unesc, Criciúma.

Callado, A. A. C.;& Callado, A. L. C. (2015). *Gestão de custos no agronegócio*. In: Callado, A. A. C. (Org.). Agronegócio. 4. São Paulo: Atlas.

Crepaldi, S. A. (2012). *Contabilidade Rural*. 7. São Paulo: Atlas.



Cruz, N.; Campos, R.; Ferreira, F.; & Moreno, A. (2017). *Estudo de caso: rentabilidade da atividade leiteira em uma propriedade rural em Barbalha-Ce*. Enciclopédia Biosfera, v. 14.

Empinotti, V. (2015). *Ecossistemas e ambientes naturais*. In: JACOBI, P. R. et al. Temas atuais em Mudanças Climáticas. 1. São Paulo.

Hofer, E.; Engel, W.; Carmo, W. A.; Schultz, C. A.; & Beltrame, S. L. (2004). *Custo de produção para a atividade da pecuária leiteira: um estudo de caso*. In: Congresso Brasileiro de Custos, XI, Porto Seguro – BA, Anais.

Lopes, P. F.; Reis, R. P.; Yamaguchi, L. C. T. (2007). *Custos e escala de produção na pecuária leiteira: estudo nos principais estados produtores do Brasil*. Revista de Economia e Sociologia Rural, Rio de Janeiro, v. 45, n. 3.

Marion, J. C. (2010). *Contabilidade Rural: Contabilidade agrícola, contabilidade da pecuária, impostos de renda pessoa jurídica*. 12. São Paulo: Atlas.

Mezadri, A. P. Dos. S.; & Stroparo, T. R. (2017). *Análise da relação custos x Rentabilidade na Produção Leiteira*. In: Congresso Internacional de Administração, Ponta Grossa.

Rampazzo, S. E. (1996). *A questão ambiental no contexto do desenvolvimento econômico*. Revista do Desenvolvimento Regional, Santa Cruz do Sul, Unisc, v. 1, n. 2.

Reis, R. P.; Medeiros, A. L.; & Monteiro, L. A. (2001). *Custos de produção da atividade leiteira na região sul de Minas Gerais*. Revista UFLA, Lavras, v. 3, n. 2.

Santos, G. J.; & Marion, J. C. (1996). *Necessidade de Planejamento e Controle Econômico-Financeiro*. In: Administração de custos na agropecuária. 2. São Paulo: Atlas.

Souza, J. L.; & Garcia, R. D. C. (2013). *Custos e rentabilidades na produção de hortaliças orgânicas e convencionais no estado do Espírito Santo*. Revista Brasileira de Agropecuária Sustentável, v. 3, n. 1.

Valle, F. (1987). *Manual de contabilidade agrária: a produção agrária, a administração da empresa agrária, a contabilidade agrária*. 2. São Paulo: Atlas, 283.

Veschi, J. L. A.; Barros, L. S. S.; Ramos, E. M. (2010). *Impacto ambiental da pecuária*. In: Brito, L. T. De L.; Melo, R. F. De; Giongo, V. (Ed.). Impactos ambientais causados pela agricultura no Semiárido brasileiro. Petrolina: Embrapa Semiárido.

Zanella, L.C.H. (2009). *Metodologia de estudo e de pesquisa em administração*. Brasília: CAPES/ UAB.

Zen, S. De.; Barioni, L. G.; Bonato, D. B. B.; & Almeida, M. H. S. P. (2008). *Pecuária de corte brasileira: impactos ambientais e emissões de gases efeito estufa (GEE)*. Centro de Estudos Avançados em Economia Aplicada, Piracicaba.



CAPÍTULO 13

O BIPOLO JUAZEIRO-PETROLINA, NO SEMIÁRIDO NORDESTINO: UM CASO DE PREOCUPAÇÃO SOCIOAMBIENTAL PARA ESTE SÉCULO

Roberto Remígio Florêncio, Mestre em Educação, Cultura e Territórios Semiáridos, PPGESA, UNEB. Prof. Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Sertão Pernambucano – IF Sertão

RESUMO

O presente artigo tem o objetivo de avaliar a manutenção das matas ciliares na proteção dos recursos naturais, evidenciando o circuito urbano do bipolo Juazeiro-Petrolina. A metodologia constituiu-se revisão bibliográfica, com foco nos estudos sobre a legislação das APP, e em estudo empírico a partir de visitas a fragmentos da mata nativa com marcas de ações antrópicas na região lócus, delimitada entre os estados de Pernambuco e Bahia, a distância máxima de 5 quilômetros do Rio São Francisco, buscando oferecer bases teóricas e conceituais que confirmem a importância da preservação da caatinga na manutenção dos cursos d'água, da fauna, da flora e do próprio ser humano em uma região de histórica dificuldade de manutenção e aproveitamento dos recursos hídricos, além de fatores sociais particularizados, complicadores do desenvolvimento econômico. Os resultados apontam uma degradação generalizada dos recursos naturais provocada pelo descumprimento das leis, que precariza a manutenção da vida, fragilizando a segurança alimentar da população, ao tempo em que intensifica a manutenção das políticas coronelistas.

PALAVRAS-CHAVE: Petrolina. Rio São Francisco. APP. Degradação Ambiental.

INTRODUÇÃO

Muitos foram os desastres ambientais ocorridos no Brasil nos últimos anos, alguns são elencados em sites e noticiários (revistas, telejornais e nas redes sociais) e outros são, muitas vezes, negligenciados pelos governantes e/ou escondidos pelos responsáveis, como a contaminação de rios e nascentes ou o desmatamento que, nos últimos anos, voltou a elevar os seus índices. Exemplos de poluição do ar provocada pelas indústrias e automóveis, invasões das áreas de preservação pelos latifundiários e contaminação de rios por esgotos urbanos são mais comuns nas regiões mais desenvolvidas do país, enquanto os grandes desastres ambientais e agressões ao meio ambiente são mais comuns nas regiões de floresta, principalmente Norte e Centro-oeste. No Nordeste, os problemas são secundarizados pela falta de conhecimento e preconceito em relação ao bioma predominante: caatinga.

Acidentes e processos predatórios intensivos, conhecidos como desastres ambientais, são mais facilmente detectados e combatidos pela sociedade organizada. Em janeiro de 2011,




um acidente no campo de Frade, uma área de exploração petroleira offshore (em águas profundas), na Bacia de Campos, região Norte do estado do Rio de Janeiro, gerou um vazamento de milhares de litros de petróleo no mar, provocando um dos maiores acidentes deste tipo no país. Estima-se que a mancha provocada pelo óleo no mar tenha chegado a 162 km². Especialistas registraram uma grande quantidade de animais mortos nas áreas afetadas e décadas serão necessárias até que o habitat marinho local se restabeleça.

Em 5 de novembro de 2015, o rompimento da barragem de Fundão, da empresa mineradora Samarco, em Mariana (MG), provocou a liberação de uma onda de lama de mais de dez metros de altura, contendo 60 milhões de metros cúbicos de rejeitos. A tragédia que marcou a história de desastres ambientais no Brasil, já era esperada: em Minas Gerais, na última década, já haviam ocorrido desastres ambientais afins com mineração em Nova Lima (2001), em Miraf (2007), e em Itabirito (2014).

No entanto, os processos de agressão ao meio ambiente que se apresentam de forma mais extensiva, com efeitos mais lentos e que, embora produzam resultados desastrosos, sua verificação (tanto de danos quanto de perspectivas de alcance, são menos imediatas, e, por isso, ficam, muitas vezes, obscurecidos pela imprensa, pela sociedade e até mesmo pelos órgãos de proteção ambiental. É o caso dos problemas advindos do uso abusivo de pesticidas nas lavouras, a poluição silenciosa dos mananciais, o descumprimento das regras das APP (Área de Proteção Permanente) e o desmatamento de florestas consideradas de segunda ordem, como o cerrado, a caatinga e as matas ciliares dos grandes cursos d'água.

O presente manuscrito tem como objetivo apresentar fatos, fotos e argumentos técnicos sobre os problemas que o mau uso do solo e das águas podem acarretar na esfera local e suas consequências em escala regional e global. O estudo está localizado no município de Petrolina, cidade localizada às margens do Rio São Francisco em um ponto central do semiárido brasileiro, no estado de Pernambuco. O local foi escolhido por diversos aspectos: Petrolina é o mais populoso núcleo urbano localizado em todo o curso do Rio São Francisco, a cidade conta com uma população em torno de 360 mil habitantes (IBGE, 2018) e concentra uma rede de negócios que se destaca em nível nacional pelo potencial agrícola, sendo responsável pela exportação de 1/3 da produção de frutas do país para o mercado internacional.

A metodologia utilizada neste estudo está baseada em observação das atividades de agressão à natureza e desrespeito às leis ambientais, com registro fotográfico dos efeitos causados pelos fatores agressivos ao meio ambiente, além de revisão bibliográfica sobre os



aspectos a serem discutidos e o confronto com os números conseguidos através da pesquisa documental. Pretende-se apresentar informações sobre os principais problemas causados pelo uso excessivo de defensivos agrícolas, a falta de atenção ao descarte de materiais poluentes, principalmente em relação ao principal curso d'água da região nordeste, o Rio São Francisco, na maior população às suas margens, e o descaso com a conservação e preservação das matas locais, tanto a ciliar, quanto a caatinga.

LOCALIZAÇÃO GEOESPACIAL DA PESQUISA

A região agrícola do bipolo Juazeiro-Petrolina, na divisa dos estados de Bahia e Pernambuco, às margens do Rio São Francisco, tem se destacado pela intensiva produção agrícola, destacando-se pela fruticultura irrigada, obtendo índices de desenvolvimento socioeconômicos superiores à média nos últimos 20 anos. A RIDE (Região Integrada de Desenvolvimento Econômico), denominada Região Administrativa Integrada de Desenvolvimento do Polo Petrolina e Juazeiro, criada pela Lei Complementar nº 113, de 19 de setembro de 2003, envolve 4 cidades da Bahia (Juazeiro, Sobradinho, Casa Nova e Curaçá) e 4 de Pernambuco (Petrolina, Lagoa Grande, Santa Maria da Boa Vista e Orocó), compondo a área metropolitana interestadual, com uma população de aproximadamente 1 milhão de habitantes, segundo o IBGE (2018). A cidade de Petrolina foi escolhida por se tratar do maior núcleo urbano e se destacar como *capital regional*. O estudo procura apontar que os números vultosos para o PIB nacional podem esconder uma realidade de agressões ambientais que vem sendo negligenciada pelo poder público e pela própria comunidade local.

O Rio São Francisco é o principal curso d'água da Região Nordeste do Brasil, com cerca de 2.800 quilômetros de extensão (IBGE, 2010). É o mais importante manancial da região semiárida brasileira, marcada pela irregularidade nas precipitações, segundo a Empresa Brasileira de Pesquisas Agropecuária (EMBRAPA, 2017). Sendo assim, o *Velho Chico*, como é carinhosamente chamado pelos ribeirinhos, ou Opará, nome indígena que significa rio-mar (FLORENCIO, 2016), tem sua importância marcada no bipolo Petrolina-PE/Juazeiro-BA pela significativa produção agrícola, principalmente pela fruticultura irrigada que promoveu o desenvolvimento local, através de investimentos públicos (infraestrutura, distritos de irrigação) e privados (empresas produtoras, exportadoras e de serviços associados ao agronegócio).

No entanto, por falta de políticas de educação ambiental e vigilância por parte dos órgãos públicos, o rio vem sofrendo ataques de todas as espécies em seu curso, que percorre os estados de Minas Gerais, Bahia, Pernambuco, Sergipe e Alagoas, principalmente pelos dois

municípios mais populosos e desenvolvidos (Petrolina, com cerca de 370 mil habitantes, e Juazeiro, com 260 mil habitantes), segundo estimativa para 2020 do Censo 2018 (IBGE, 2018). Além da erosão natural, causada pelos ventos e chuvas, existem os fortes efeitos da presença antrópica, marcada pela poluição por dejetos orgânicos e inorgânicos, resíduos dos agrotóxicos, esgotamentos sanitários e industriais sem o devido tratamento, retirada da mata ciliar, desgastes das margens e barramentos para a retirada indiscriminada de água através de bombas e adutoras (SANTOS, 2016), além do uso das margens para especulação imobiliária e turística. Na área urbana do município, o descuido com a preservação do rio e o desrespeito às APP⁸ são perceptíveis.

Imagem 1: Área central da cidade de Petrolina. Em destaque, a ausência da mata ciliar e a construção de edificações em Áreas de Preservação Permanente, às margens do Rio São Francisco.



Foto: Acervo do autor, 2019.

Por tudo isso, o assoreamento do Rio São Francisco tem se tornado cada dia mais aparente e preocupante, pois compromete a produção de energia elétrica pelo baixo nível das represas, a agricultura e impossibilita a permanência do homem na terra tão assolada pelas intempéries climáticas devido à irregularidade das chuvas no clima semiárido.

Além do profundo desrespeito às APP, principalmente ao longo do principal curso d'água da região, o Rio São Francisco, percebe-se o descaso com a Caatinga, bioma de fauna e flora endêmicas, localizado em praticamente todo o semiárido nordestino, que se encontra em profundo processo de degradação.

⁸ As Áreas de Preservação Permanente (APP) foram criadas a partir da Lei 4.771, de 1965 (atualizada pela Lei n 1º 12.651/2012), que instituiu o Novo Código Florestal Brasileiro, com o objetivo de promover a preservação de rios, matas, montanhas e demais sistemas bióticos.

Imagem 2: Região conhecida como *área de sequeiro*, no município de Petrolina, há 25 quilômetros da zona urbana. Em destaque, áreas que confirmam o desmatamento da caatinga.




Foto: Acervo do autor, 2019.

A cidade, situada em pleno sertão pernambucano, região conhecida como Submédio São Francisco, com a localização em 9° 23' 34" S 40° 30' 28" O, tem o Fuso Horário UTC-3 e se encontra no centro geográfico do semiárido nordestino, distante 710 km da capital do estado, Recife. Com clima Semiárido BSh e vegetação de caatinga, único bioma exclusivamente brasileiro, a cidade destaca-se no cenário nacional não apenas pela produção agrícola da fruticultura irrigada, mas como segundo polo vinícola nacional. O Domínio Morfoclimático local é marcado por altas temperaturas (média de 30°), com poucas variações durante o ano e altitude de 700 metros de altitude em relação ao nível do mar, possibilitando períodos menores de entressafra, devido à forte incidência solar durante praticamente todo o ano.

DISCUSSÃO

Segundo as pesquisas de Santos e Florêncio (2018), Carvalho (2017) e Mira, Amancio e Andrade (2016), que o descaso das autoridades e da população, na região do bipolo Juazeiro-Petrolina, em relação ao descumprimento das leis das APP, além de constante, parece impune: Não existe sequer uma sinalização de órgãos de proteção para coibir as agressões contra essas áreas de preservação, o que é apontado pelo Relatório 2018, da Embrapa (EMBRAPA SEMIÁRIDO, 2019). Com isso, percebe-se que a cidade de Petrolina é um espelho em relação ao desrespeito à Lei Ambiental e esse desrespeito e impunidade prejudicam e reduzem as áreas de cobertura florestal e acentua os problemas sofridos pelo principal curso d'água da região: assoreamento, poluição e contaminação por agrotóxicos e esgoto sanitário.




Estudos da Embrapa Semiárido, apontam que, ao longo do tempo, as alterações da paisagem às margens do rio São Francisco foram intensas. A análise da dinâmica do uso e cobertura da terra permite entender essas modificações. Os resultados mostram que 9,7% (2.900 km²) da Caatinga foi convertida em pastagem, agricultura irrigada e expansão urbana. A diminuição da conectividade entre fragmentos de vegetação é marcante na região. Grande parte das chácaras ribeirinhas visitadas na área da RIDE Petrolina-Juazeiro⁹ não preservam suas margens e utilizam intensamente suas terras principalmente para agricultura irrigada. Dentre os municípios da RIDE, Curaçá-BA, foi o município que manteve maior porcentagem de área preservada (EMBRAPA SEMIÁRIDO, 2010) e Cabrobó-PE foi identificado como município com maior área em processo avançado de desertificação.

A expansão agrícola em muitos casos promove a perda de habitat natural de espécies vegetais e animais, pondo em risco a sobrevivência dessas espécies e de destruição de germoplasma cujo valor econômico é incalculável. A modernização da agricultura aumentou a produtividade de algumas culturas importantes, no entanto, a conservação genética deveria também ter sido incorporada aos diversos esquemas de desenvolvimento agrícola, uma vez que a riqueza genética de uma área pode, simplesmente desaparecer em poucos anos, sob a pressão da produção de uma única variedade (MOONEY, 1987).

RESULTADOS

A área do fragmento utilizada para o estudo localiza-se em Petrolina, às margens do Rio São Francisco: percorreu-se um trecho da mata ciliar antropizada de aproximadamente 1.500 metros, durante 3 vistas no período de setembro a outubro de 2019, no qual observou-se incêndios acidentais frequentes, derrubada de plantas nativas clareiras, resíduos sólidos deixados por frequentadores, banhistas do rio, retirada de vegetação nativa provocando erosão,

⁹ A RIDE Petrolina-Juazeiro é a Região Administrativa Integrada de Desenvolvimento do Polo Petrolina e Juazeiro, criada pela Lei nº 113, de 2001. Formada pelos municípios baianos de Sobradinho, Juazeiro, Casa Nova e Curaçá, e pernambucanos, Petrolina, Lagoa Grande, Santa Maria da Boa Vista, Orocó e Cabrobó, que têm em comum a relação direta com as águas do Rio São Francisco como principal fonte de sobrevivência, a RIDE tem Petrolina como seu principal centro, maior cidade e centro distribuidor e consumidor da produção agrícola, tecnológica e socioeconômica.



desbarrancamento e assoreamento, reduzindo a disponibilidade e a qualidade da água ao longo do rio São Francisco. A implantação de projetos agropecuários em áreas ciliares tem maculado o princípio de Área de Proteção Permanente - APP¹⁰ e promovido a degradação do ecossistema aquático.


A busca do desenvolvimento sustentável na caatinga e em especial a proteção da mata ciliar no semiárido são-franciscano requer uma perspectiva em longo prazo, contemplando a recomposição da mata ciliar e o cumprimento da legislação vigente (Leis 4.771/1965 e 12.651/2012), considerando a largura de faixa de mata ciliar de 400 metros a ser garantida legalmente. Assim, políticas de conservação e proteção, além do uso sustentável da biodiversidade somente serão efetivas se contemplarem, além da integridade ambiental do bioma, a eficiência econômica e a igualdade social. Mira (2014) vai na direção do desenvolvimento sustentável, ao dizer que:

O caminho é construir um sistema de instituições e políticas, com eficaz controle social, voltado a redirecionar a atividade econômica para o crescimento da renda e do emprego, na base de uma racionalidade produtiva apoiada em investimentos públicos e privados, com uma nova cultura política, ambiental e socioeconômica (p. 101).

De acordo com o Código Florestal, são consideradas APPs as matas ciliares, os topos de morro e suas encostas. São protegidas em todo o território nacional, independentemente de estarem em área pública ou privada, urbana ou rural. De acordo com estas leis, nestas áreas admite-se apenas o uso indireto dos recursos naturais, sendo restritos seu consumo, coleta, dano ou destruição. De acordo com a legislação florestal, o Poder Público é responsável por realizar o florestamento ou reflorestamento de APPs localizadas em áreas privadas, devendo ser recuperadas e/ou restauradas as áreas degradadas, sem desapropriá-las, se não o fizer o proprietário.

Outra questão que nos preocupa quanto aos recursos hídricos, é que estamos nos referindo a uma região de clima semiárido, onde “a quantidade de chuva é menor do que o índice de evaporação, que é de 3 mil mm/ano, e a evaporação é três vezes maior do que a quantidade de chuva que cai” (MIRA; AMÂNCIO; ANDRADE, 2016, p. 38).

¹⁰ APP: áreas protegidas pelos artigos 1º e 2º da Lei 4.771/65, “coberta ou não por vegetação nativa, com a função ambiental de preservar recursos hídricos, a paisagem, a estabilidade geológica, a biodiversidade, o fluxo gênico de fauna e flora, proteger o solo e assegurar o bem-estar das populações humanas”.




No século XXI, esses problemas ambientais aparecem com maior intensidade, principalmente a exploração dos recursos naturais de forma inadequada, juntamente com o crescimento demográfico que ocasiona o aumento na demanda dos recursos básicos do planeta para a sobrevivência humana. O grande dilema do mundo moderno é conciliar tal processo com a geração de um ambiente ecologicamente equilibrado (OLIVIA JUNIOR, 2012). É assim que se percebe o atual momento da História da Humanidade. De uma maneira geral, durante toda a história, a política foi degradar os recursos naturais para gerar desenvolvimento, o solo e a água seriam vistos apenas como seres abióticos precursores dos recursos econômicos. Assim, essa maneira equivocada de gestão socioambiental, não despertou o sentimento de pertencimento comunitário, no qual as pessoas precisam entender que são parte da natureza, e que quando destruímos os recursos naturais, estamos destruindo “nossa casa”.

A falta de conhecimento da importância da Área de Preservação Permanente é um aspecto que deve ser discutido e esclarecido por meio de ações de Educação Ambiental que possam ser desenvolvidas conforme a Política Nacional de Educação Ambiental – PNEA (Lei 9795/ 1999), onde se trabalha dentro no modelo formal e informal de educação, nos diferentes níveis. Os recursos naturais como bem público representam um dos princípios defendidos pelos movimentos sociais que atuam a favor da conquista da cidadania, do encontro da Ecologia com as lutas populares, compreendendo a problemática ambiental como fenômeno socioambiental. A EA orienta para a cidadania e estabelece os vínculos entre aspectos sociais, econômicos, culturais e políticos, fortalecendo a mobilização para a construção de uma sociedade justa, na qual estejam definidos os direitos e deveres em relação ao ambiente. Está se falando de uma concepção de EA que tem como foco a organização e a capacitação das partes interessadas para a interlocução qualificada e para a gestão conjunta do ambiente comum.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

O atual modelo socioeconômico é incapaz de promover a sustentabilidade da etnobioidiversidade no planeta e, conseqüentemente da Caatinga, que apesar de ser o único bioma exclusivamente brasileiro é o mais desvalorizado. Para tanto, são necessárias alternativas a esse modelo. Sendo assim, a proposta de convivência com o Semiárido permeada pela Educação Contextualizada (MARTINS, 2001; CARVALHO, 2015), uma perspectiva decolonial que pode ser promotora de uma cultura de ações locais para repercussões globais, a partir da afirmação das identidades caatingueiras no contexto da etnobioidiversidade da Caatinga. Relaciona-se ainda com o paradigma da Decolonialidade, pois pensar ações de convivência com o Semiárido é pensar a construção de práticas subversivas ao sistema



eurocentrado e descontextualizado das outras e múltiplas realidades existentes (CARVALHO, 2015). Assim, o desenvolvimento de ações locais no Semiárido Brasileiro fortalece a Caatinga, que por sua vez fortalece a biodiversidade do entorno e protege o seu principal curso d'água, o Rio São Francisco, em um moto-contínuo de interdependências bióticas.

A busca do desenvolvimento sustentável na caatinga e em especial a proteção da mata ciliar do Submédio São Francisco, segundo a legislação ambiental, requer uma perspectiva em longo prazo, contemplando a recomposição da mata ciliar e o cumprimento da legislação vigente (Lei nº 4.777/1965 e Lei nº 12.651/2012), considerando ainda a largura da faixa de mata ciliar conforme a largura do rio. Assim, políticas de conservação e proteção, além do uso sustentável da biodiversidade somente serão efetivas se contemplarem, além da integridade ambiental do bioma, a eficiência econômica e a igualdade social. Tudo isso demonstra ainda a enorme distância entre Educação Ambiental e o sistema de educação que temos hoje em nossas escolas e universidades, totalmente descontextualizados da realidade à sua volta, inoperante enquanto política pública e como setor organizado da sociedade. O caminho é construir um sistema de instituições e políticas, com eficaz controle social, voltado a redirecionar a atividade econômica para o crescimento da renda e do emprego, na base de uma racionalidade produtiva apoiada em investimentos públicos e privados, com uma nova cultura política, ambiental e socioeconômica (MIRA, 2014, p. 101).

REFERÊNCIAS

BRASIL. LEI Nº 12.651, de 25 de maio de 2012 (Código Florestal). 2012. Disponível em: Acesso em 28.12.2017 BRASIL. Lei nº 12.651, DE 25 DE MAIO DE 2012. Dispõe sobre a proteção da vegetação nativa Disponível em: http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2011-2014/2012/lei/112651.htm >. Acesso em: 31 de julho 2017.

CARVALHO, L. D. A Educação Contextualizada como Itinérário Descolonial e complexo aplicado ao ensino de Geografia nos contextos Semiáridos. Disponível em: <http://www.sinprosp.org.br/conpe4/revendo/trabalhos/4.pdf> Acesso em 19 jun. 2019. IBGE. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. Censo 2010. In: www.ibge.gov.br Acessado em 18 de junho de 2017.

EMBRAPA. Relatório anual de atividades agropecuárias semiárido sanfranciscano, 2017. In: www.embrapa.gov.br acessado em 02 de dezembro de 2018.

DINC. Distrito de Irrigação Senador Nilo Coelho. Relatório 2013, 30p. Disponível em: <http://www.mi.gov.br/documents/10157/1526694/PI+Nilo+Coelho+-+DINC.pdf>. Acesso em 14.07.18 EMBRAPA SEMIÁRIDO. Modificações na Paisagem da Região de Petrolina/Juazeiro do Rio São Francisco. Alvarez IA1, Pereira LA2, Taura TA2, Santos SM2, Andrade RG1 - 1Embrapa Monitoramento por Satélite, 2Embrapa Semiárido. www.embrapa.br/busca-de-publicacoes/-/publicacao/945671/modificacoes-na-paisagem-da-regiao-de-petrolinajuazeiro-do-rio-sao-francisco acessado em 20 de junho de 2019.



FLORÊNCIO, R. R. Dissertação de Mestrado do Programa de Pós-graduação em Educação, Cultura e Território Semiáridos – PPGESA/UNEB. Repositório UNEB – CAPES, 2016.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA – IBGE. Censo, 2016. www.ibge.gov.br Acessado em 14 de agosto de 2018.

MANTOVANI, W. et al. Estudo fitossociológico de áreas de mata ciliar em Mogi-Guaçu, SP. In: SIMPÓSIO SOBRE MATA CILIAR, 1989, Campinas, SP. Anais...Campinas: Fundação Cargil, 1989. p. 235-267.

MARTINS, S. V. Recuperação de inatas ciliares. Viçosa, Aprenda Fácil 2001.

MIRA, Feliciano José Borralho de; AMÂNCIO, Wellington; ANDRADE, Maria José Gomes de. A Ecologia Humana e as Gentes do Sertão Nordeste. In: NOGUEIRA, Eliane Maria de Souza. et al. (Org.). Os Saberes Populares no Viés da Ecologia Humana. Paulo Afonso: SABEH, 2016.

MIRA, Feliciano de. As Cores da Economia e o Desenvolvimento Sustentável. In: MARQUES, Juracy. (Org.). Ecologias Humanas. Feira de Santana-BA: UEFS, 2014.

PENA, R. F. A. "SIG"; *Brasil Escola*. Disponível em <https://brasilecola.uol.com.br/geografia/sig.htm>. Acesso em 21 de setembro de 2018.

RODAL, M. J. Biodiversidade da Caatinga. Petrolina: Caatinga.org, 1992. SAMPAIO, E.; RODAL, M.J. Fitofisionomias da caatinga. Avaliação e identificação de ações prioritárias para a conservação, utilização sustentável e repartição de benefícios da biodiversidade do bioma caatinga. In: Biodiversidade da caatinga, disponível em: . Petrolina, 2000

SANTOS, Carlos Alberto B.; NOGUEIRA, Eliane Maria de Souza; ANDRADE, Maria José Gomes; ANDRADE, Wbaneide Martins. Os saberes populares no viés da Ecologia Humana. Paulo Afonso: SABEH, 2016.

SANTOS, Carlos Alberto; FLORÊNCIO, Roberto Remígio. Povo Indígena Truká: mobilizações, retomadas territoriais, migrações e afirmação sociocultural. In: História ambiental, história indígena e relações socioambientais no Semiárido Brasileiro. Paulo Afonso: SABEH, 2018.



CAPÍTULO 14

PROPOSTA DE IMPLEMENTAÇÃO DA COLETA SELETIVA DE LIXO NA CIDADE DE SANTA INÊS, MARANHÃO, BRASIL

Tiago Ivan Matos Ribeiro, Acadêmico do curso de Administração 2017 pelo (a) Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Maranhão, IFMA, campus Santa Inês – MA


RESUMO

A geração de resíduos sólidos se tornou um problema de considerável preocupação das autoridades públicas em todo o planeta. No Brasil, a Lei Federal nº 12.305/2010, instituiu a Política Nacional de Resíduos Sólidos (PNRS), com o objetivo de diminuir a quantidade de lixo direcionado aos lixões e aterros sanitários. Nesse contexto, o estabelecimento de sistemas de coleta seletiva de resíduos sólidos e reciclagem tem sido vistos como alternativas para resolver os problemas de descarte de lixo urbano. Dessa forma, o objetivo do presente trabalho foi propor a implantação de um Sistema de Coleta Seletiva de Lixo Urbano na Cidade de Santa Inês, Maranhão. Para isso foi realizada uma revisão bibliográfica. Foi proposto um plano de trabalho seguido por 5 etapas: I) Projeto de Mobilização Social e Capacitação; II) Diagnóstico dos Resíduos Sólidos; III) Análise de Possibilidade de Gestão Associada; IV) Planejamento das Ações do PMGIRS; e V) Processo de Implementação do PMGIRS. Foram também delimitados 12 parâmetros de sustentabilidade a serem alcançados. A implantação de um sistema de coleta seletiva na cidade de Santa Inês é urgente. No entanto, só alcança resultados a longo prazo por meio da educação ambiental e a mudança comportamental da sociedade. À prefeitura, cabe o papel de favorecer as etapas de coleta e transporte. À população cabe aderir a coleta e a fiscalizar as ações do órgão público.

PALAVRAS-CHAVE: Gestão Ambiental. Política Nacional de Resíduos Sólidos. Sustentabilidade.

1 INTRODUÇÃO

Nas últimas décadas, a geração de resíduos sólidos se tornou um problema de considerável preocupação por parte das autoridades públicas em todo o planeta (GUTBERLET, 2015). Isso se deve ao fato de que o aumento de consumo de materiais não-recicláveis cresceu nas mesmas proporções em que a população mundial, conduzindo a um transbordo de resíduos nos lixões e aterros sanitários e a elevação das taxas de poluição geradas pelo descarte inadequado de lixo (CARVALHO et al., 2011). No Brasil, a Lei Federal nº 12.305/2010, que instituiu a Política Nacional de Resíduos Sólidos (PNRS), foi criada com o objetivo de diminuir a quantidade de lixo direcionado a esses locais (BRASIL, 2010), apresentando os resíduos sólidos como materiais que podem ser reutilizados e reaproveitados (OLIVEIRA; GALVÃO



JUNIOR, 2016). No entanto, essa lei apresenta diversos problemas voltados à sua aplicação bem-sucedida (HEBER; SILVA, 2014).

Nesse contexto, o estabelecimento de sistemas de coleta seletiva de resíduos sólidos e reciclagem por parte das autoridades municipais tem sido vistos como alternativas para resolver os problemas de descarte de lixo urbano (CARVALHO et al., 2011; NOGUEIRA, 2014). Ainda, são também formas de projeto social e econômico, dos quais resultam inúmeros benefícios para a comunidade, como o fornecimento de materiais para a indústria de reciclagem, geração de empregos, redução dos custos de energia e diminuição da extração de matéria-prima (CARVALHO et al., 2011), além de ajudar na manutenção do meio ambiente (NOGUEIRA, 2014). Por isso, a PNRS determina que a viabilização da coleta seletiva seja considerada no planejamento dos seus entes federados (OLIVEIRA; GALVÃO JUNIOR, 2016)

Assim, considerando as preocupações críticas, principalmente no que diz respeito às mudanças climáticas e esgotamento de recursos, e a necessidade de enquadramento nos padrões estabelecidos pela PNRS, na qual 10 de seus 19 incisos são direcionados aos Planos Municipais de Gestão Integrada de Resíduos Sólidos (PMGIRS), é fundamental abordar essas questões, com o propósito de encontrar soluções adequadas (GUTBERLET, 2015; OLIVEIRA; GALVÃO JUNIOR, 2016). Dessa forma, o objetivo do presente trabalho foi propor a melhoria no Sistema de Gestão Ambiental da Prefeitura Municipal da cidade de Santa Inês, por meio da implantação de um Sistema de Coleta Seletiva de Lixo Urbano, a fim de trazer um melhor gerenciamento dos resíduos sólidos produzidos, reduzindo a proporção de lixo que é descartado nos aterros sanitários e aumentando, conseqüentemente, os resíduos reaproveitados pela indústria.

Para isso, a presente proposta foi desenvolvida por meio de uma revisão bibliográfica qualitativa. A busca por literatura foi realizada por meio das plataformas Google Acadêmico e *Scientific Electronic Library Online* (SCIELO), com a finalidade de obter artigos científicos, livros e sites especializados voltados à elaboração de PMGIRSS, utilizando os seguintes descritores: “coleta seletiva”, “PMGIRS”, “política nacional de resíduos sólidos” e “reciclagem”. As buscas foram realizadas nos idiomas português e inglês. A partir dessa metodologia, foi possível adquirir as informações necessárias para a construção de um sistema de indicadores eficiente.



2 DESENVOLVIMENTO

2.1 CARACTERIZAÇÃO DO MUNICÍPIO

Fundada em 1887, a cidade de Santa Inês fica localizada no estado do Maranhão, Brasil (IBGE, 2016). O município tem uma população estimada de 89.000 habitantes (IBGE, 2020), sendo considerado a principal cidade da região e uma das que mais se destacam no estado (IBGE, 2016). Apresenta 35,6% de residências providas de esgotamento sanitário, 37,8% em vias públicas com arborização e 9,8% de domicílios urbanos em vias públicas com urbanização apropriada (IBGE, 2016).

2.2 JUSTIFICATIVA

Um dos grandes problemas enfrentados no município de Santa Inês é a deposição de lixo em vias urbanas, uma vez que nem todos os bairros são providos de coleta, despejando esses resíduos, muitas vezes, a céu aberto. Ainda, mesmo aqueles materiais que são coletados pela prefeitura, são depositados em lixões sem nenhum cuidado ou critério de separação (SEREJO; NASCIMENTO; CANTANHÊIDE, 2011). Por isso, a necessidade do desenvolvimento e implementação de um plano de coleta seletiva na cidade é urgente. Assim, considerando que, conforme a Lei Nacional de Saneamento, Lei Federal 11.445/2007, cabe aos municípios a competência de realizar os serviços de limpeza urbana e de manejo de resíduos (BRASIL, 2007), essa iniciativa é de responsabilidade da prefeitura municipal. Por isso, a presente proposta é destinada à aplicação pela Prefeitura Municipal de Santa Inês, seguindo os requisitos básicos do PMGIRS.

2.3 DESCRIÇÃO DO PLANO DE TRABALHO

A coleta seletiva é caracterizada por meio do recolhimento dos resíduos sólidos (papel, vidro, plástico e metal) de maneira diferenciada, os quais são selecionados previamente nas fontes geradoras, com a finalidade de encaminhá-los para tratamento, reciclagem ou demais destinações alternativas (CERNE AMBIENTAL, 2014). A presente proposta de implementação de coleta seletiva seguirá uma combinação das metodologias propostas por CERNE Ambiental (2014), Oliveira e Galvão Junior (2016) e Bernardo e Lima (2017), por meio de um sistema de diagnóstico, metas, programas e ações, e sistema monitoramento a serem realizados. O plano de trabalho apresenta as diretrizes que devem ser seguidas para implementar as atividades nas diferentes áreas de atuação, de maneira adequada ao controle.



2.3.1 PROJETO DE MOBILIZAÇÃO SOCIAL E CAPACITAÇÃO

A elaboração do modelo de PMGIRS requer uma participação coletiva, envolvendo tanto os representantes de cada setor que atuarão dentro do planejamento quanto a comunidade, uma vez que o sucesso da coleta depende também de que as pessoas realizem a separação prévia dos resíduos para a sua destinação correta. Essa mobilização deve ocorrer durante todo o processo de planejamento. Para isso, será elaborado um Projeto de Mobilização Social (PMS), o qual englobará objetivos como a realização da divulgação do projeto, disponibilizando as informações necessárias à participação da sociedade e estimulando os segmentos sociais a se envolverem no processo por meio da fiscalização e acompanhamento das ações previstas; educação ambiental, a fim de promover as ações de não geração, redução, reutilização e reciclagem; e programas de capacitação técnica voltados à implementação do projeto.

2.3.2 DIAGNÓSTICO DOS RESÍDUOS SÓLIDOS

Nessa etapa é realizada a caracterização dos sistemas e unidades de manejo existentes no município, com o objetivo de diagnosticar os eventuais problemas existentes, suas causas, gravidade e extensão, para determinar, assim, as condições de operação. Por isso, as informações obtidas durante esse processo estão relacionadas à estrutura da cidade em questão, como localização do município; suas instalações, dados da população; empresas instaladas; previsão de ampliação das instalações; caracterização do atual sistema de coleta; levantamento e quantificação dos resíduos; locais de armazenamento desses resíduos; identificação de locais de tratamento de resíduos; identificação das despesas gerais destinadas à essas atividades; relação de competências e responsabilidades; descrição do sistema de saneamento básico; descrição dos efluentes líquidos relativos aos resíduos sólidos; identificação da existência de catadores e cooperativas; levantamento da legislação local direcionada ao gerenciamento dos resíduos; e identificação de leis estaduais que possam interferir na gestão municipal implantada.

2.3.3 ANÁLISE DE POSSIBILIDADE DE GESTÃO ASSOCIADA

Serão verificadas as possibilidades de uma gestão associada de ações compartilhadas, por meio da constituição de Consórcios Públicos para a gestão dos resíduos sólidos. Para isso, serão abordados como mecanismos de fontes de negócios, empregos e renda, por meio da valorização dos resíduos sólidos.

2.3.4 PLANEJAMENTO DAS AÇÕES DO PMGIRS

Será realizado o planejamento estratégico de todas as ações que precisam ser implementadas para que a coleta seletiva tenha sucesso, atingindo os objetivos estabelecidos para cada uma delas. Por isso, serão consideradas para o plano todas as informações coletadas, sistematizadas e avaliadas durante o diagnóstico geral, e a partir dos seus resultados, serão realizadas a identificação das suas principais tendências e os seus impactos considerados mais importantes na geração dos resíduos sólidos

Para isso, serão construídos 3 cenários futuros, os quais descreverão hipóteses de situações possíveis, imagináveis ou desejáveis, a fim de permitir uma reflexão sobre prováveis alternativas, representando expectativas como o crescimento da população, mudança do perfil dos resíduos, intensidade de geração desses resíduos, etc.

Para o manejo diferenciado dos resíduos, serão consideradas as metas, estratégias, diretrizes, programas e ações que garantam um fluxo adequado. As diretrizes norteiam o planejamento enquanto que as estratégias são os meios empregados no processo de implementação, que irão definir os programas e as ações para que as metas sejam alcançadas

Os parâmetros de sustentabilidade de utilizados estão descritos na tabela a seguir (Tabela 1).

Tabela 1 – Parâmetros de sustentabilidade para a gestão de Resíduos Sólidos Urbanos em Santa Inês, considerando as dimensões ambiental/ecológica, econômica, social e política/institucional.

INDICADORES

Dimensão Ambiental/ Ecológica


- (1) Quantidade de ocorrências de lançamentos de resíduos sólidos urbanos (RSU) em locais inadequados;
- (2) Grau de recuperação dos passivos ambientais;
- (3) Grau de implementação das medidas previstas no licenciamento das atividades relacionadas aos RSU;
- (4) Grau de recuperação dos RSU que estão sob responsabilidade do Poder Público;

Dimensão Econômica

- (5) Grau de autofinanciamento da gestão pública de RSU;

Dimensão Social

- (6) Grau de disponibilização dos serviços públicos de RSU à população;



(7) Grau de abrangência de políticas públicas de apoio ou orientação às pessoas que atuam com RSU;

Dimensão Política/Institucional

(8) Grau de estruturação da gestão de RSU na administração pública municipal;

(9) Grau de capacitação dos funcionários atuantes na gestão de RSU;

(10) Quantidade de ações de fiscalização relacionadas à gestão de RSU promovidas pelo poder público municipal;

(11) Grau de execução do Plano Municipal de RSU vigente;

(12) Existência de informações sobre a gestão de RSU sistematizadas e disponibilizadas para a população.


Fonte: POLAZ; TEIXEIRA (2009). Adaptada pelo autor.

2.3.5 PROCESSO DE IMPLEMENTAÇÃO DO PMGIRS

Após a finalização do processo de planejamento e validação do PMGIRS, inicia-se a implementação. Não permitir a existência de brechas entre a formalização e a efetivação do plano são responsabilidades do poder público, do Comitê Diretor e do Grupo de Sustentação. Para isso, devem ser formuladas agendas de continuidade, nas quais precisam constar ações de educação ambiental e capacitação dos agentes envolvidos. Essas agendas possibilitam a continuidade da participação social em todo o processo, efetivando a responsabilidade compartilhada. Ainda, de acordo com a Lei Federal, o PMGIRS deve ser revisto pelo menos a cada quatro anos. Além disso, deve ser constantemente monitorado e seus resultados avaliados, para que as correções necessárias sejam aplicadas. Para isso, devem ser implementadas também uma ouvidoria; rotinas de avaliação dos indicadores; e reuniões do órgão Colegiado.

3 CONCLUSÃO

A implantação de um sistema de coleta seletiva na cidade de Santa Inês é urgente. No entanto, é importante destacar que a não geração, a redução e a reutilização dos resíduos sólidos só alcançam resultados a longo prazo, por meio de um processo que envolva fortemente a educação ambiental e a mudança comportamental da sociedade. Por isso, não basta somente implementar um programa de coleta seletiva, é preciso conscientizar e mobilizar toda a população a respeito da sua importância, buscando a adesão da maioria. À prefeitura, cabe o papel de trabalhar para que a parte burocrática e financeira sejam resolvidas, favorecendo as etapas de coleta e transporte, com destinação às cooperativas responsáveis pela triagem dos



resíduos. À população cabe aderir aos procedimentos necessários para a coleta e a fiscalização das ações do órgão público. A ação coletiva favorece o sucesso do projeto e assegura um ambiente saudável e maior qualidade de vida à comunidade.

REFERÊNCIAS

BERNARDO, M.; LIMA, R. S. Using Action Research to Implement Selective Waste

Collection Program in a Brazilian City. **Systemic Practice and Action Research**, v. 30, p. 593-608, 2017.

BRASIL. **Lei 11.445**, de 5 de janeiro de 2007. Estabelece as Diretrizes Nacionais para o Saneamento Básico e para a Política Federal de Saneamento Básico. Brasília, DF, 2007. Disponível em: http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2007-2010/2007/lei/111445.htm. Acesso em: 18 jan. 2021.

BRASIL. **Lei 12.305**, de 2 de agosto de 2010. Instituiu a Política Nacional de Resíduos Sólidos. Brasília, DF, 2010. Disponível em: http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2007-2010/2010/lei/112305.htm. Acesso em: 18 jan. 2021.

CARVALHO, M. S. et al. The issue of sustainability and disclosure. A case study of selective garbage collection by the Urban Cleaning Service of the city of Rio de Janeiro, Brazil – COMLURB. **Resources, Conservation and Recycling**, v. 55, p. 1030-1038, 2011.

CERNE AMBIENTAL. **Plano Municipal de Gestão Integrada de Resíduos Sólidos – PMGIRS**. 2014. Disponível em: https://static.fecam.net.br/uploads/1536/arquivos/939893_1_PLANO_DE_TRABALHO_AM_OSC_Serra_Alta.pdf. Acesso em: 18 jan. 2021.

GUTBERLET, J. Cooperative urban mining in Brazil: Collective practices in selective household waste collection and recycling. **Waste Management**, v. 45, p. 22-31, 2015.

HEBER, F.; SILVA, E. M. D. Institucionalização da Política Nacional de Resíduos Sólidos: dilemas e constrangimentos na Região Metropolitana de Aracaju (SE). **Revista de Administração Pública**, Rio de Janeiro, v. 48, n. 4, p. 913-937, 2014.

IBGE. INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. **História**. 2016. Disponível em: <https://cidades.ibge.gov.br/brasil/ma/santa-ines/historico>. Acesso em: 18 jan. 2021.

IBGE. INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. **População**. 2020. Disponível em: <https://cidades.ibge.gov.br/brasil/ma/santa-ines/panorama>. Acesso em: 18 jan. 2021.

NOGUEIRA, C. F. A. Política Nacional de Resíduos Sólidos, Coleta Seletiva e seus Atores – o caso do Distrito Federal. **Revista Brasileira de Direito**, v. 10, n. 1, p. 106-115, 2014.

OLIVEIRA, T. B.; GALVÃO JUNIOR, A. C. Planejamento municipal na gestão dos resíduos sólidos urbanos e na organização da coleta seletiva. **Engenharia Sanitária e Ambiental**, Rio de Janeiro, v. 21, n. 1, p. 55-64, 2016.



POLAZ, C. N. M; TEIXEIRA, B. A. N. Indicadores de sustentabilidade para a gestão municipal de resíduos sólidos urbanos: um estudo para São Carlos (SP). **Engenharia Sanitária Ambiental**, v. 14, n. 3, p. 411-420, 2009.

SEREJO, M. A.; NASCIMENTO, L. B.; CANTANHÊIDE, C. G. Lixo: realidade e alternativas em Santa Inês – MA. **Revista ACTA Tecnológica**, v. 6, n. 1, 2011.



CAPÍTULO 15

CELULOSE BACTERIANA: UMA ALTERNATIVA SUSTENTÁVEL PARA SUBSTITUIR A CELULOSE VEGETAL¹

Viviane Fonseca Caetano, Doutora em Engenharia Química, Pós-Doc do Programa de Recursos Humanos da ANP para o Setor petróleo, Gás Natural e Biocombustíveis – PRH30.1, Universidade Federal de Pernambuco

Karina Carvalho de Souza, Mestre em Química, Doutoranda em Ciências dos Materiais, Universidade Federal de Pernambuco

Glória Maria Vinhas, Doutora em Química, Professora Adjunta, Universidade Federal de Pernambuco

RESUMO

Os biopolímeros vem ganhando destaque ao longo dos anos devido a sua grande potencialidade para reduzir ou substituir os plásticos de origem petrolífera, seja por meio de fontes de origens renováveis ou para mitigar a presença dos resíduos plásticos não degradáveis descartados no meio ambiente. Nesse sentido, um dos materiais que vem se destacando, em função de suas propriedades e principais aplicações, além de seu potencial como um material sustentável, biodegradável e ecologicamente amigável, é a celulose bacteriana. Dado o exposto, neste artigo foi realizado uma sucinta revisão bibliográfica sobre a celulose bacteriana, contextualizando esse tema no período de 1988 a 2021.


PALAVRAS-CHAVES: celulose bacteriana, biopolímero, biodegradabilidade, sustentabilidade.

INTRODUÇÃO

Os plásticos revolucionaram a vida da sociedade e da indústria devido as suas ¹¹propriedades marcantes e diferenciadas, no entanto, o paradigma atual de sua produção e sua descartabilidade são insustentáveis, pois a maioria dos polímeros são derivados de recursos fósseis e são não degradáveis (AMULYA *et al.*, 2021) (WANG; GANEWATTA; TANG, 2020). Além desses fatores, tem-se o mau gerenciamento desses resíduos e o descarte inadequado que causam lixiviação para o meio ambiente resultando em contaminações em diversos ecossistemas (RAI *et al.*, 2021).

Segundo o relatório “Solucionar a Poluição Plástica: Transparência e Responsabilização” elaborado pelo Fundo Mundial para a Natureza, o Brasil é o quarto maior

¹¹FINEP por meio do Programa de Recursos Humanos da ANP para o Setor de Petróleo, Gás e Biocombustíveis (PRH 30.1-ANP).



produtor de lixo plástico do mundo e recicla apenas 1,28% de todo esse lixo (WIT *et al.*, 2019). Todo esse lixo não reciclado gera um “fardo” que será carregado por várias gerações. Uma alternativa para diminuir a produção desses lixos é o investimento de novas tecnologias de plásticos que unam a sustentabilidade e biodegradabilidade em um mesmo material.

Nesse contexto tem-se a celulose bacteriana (CB) que possui estrutura química semelhante a celulose vegetal. A CB é um biopolímero, pois é produzido a partir de alguns gêneros de bactérias; possui excelentes propriedades físicas e químicas, que lhe permitem diversas aplicações; além de ser sustentável e biodegradável.

Neste trabalho foi realizado um estudo de revisão focando definir, esclarecer, discutir e exemplificar temas relacionados ao desenvolvimento sustentável, biodegradabilidade, polímeros sustentáveis, biopolímeros, polímeros biotecnológicos, polímeros sintéticos de base biológica e celulose bacteriana.

METODOLOGIA


Nesta revisão da literatura, foram considerados os trabalhos, livros, periódicos e relatórios referentes aos anos de 1988-2021. Os critérios de inclusão adotados neste trabalho foram estudos no idioma inglês e português; as bases de dados utilizadas foram Sciencedirect e Google; e os termos utilizados nas buscas foram: celulose bacteriana, polímeros sustentáveis, biodegradabilidade, sustainable polymers, sustainability, biodegradability e bacterial cellulose.

RESULTADOS

POLÍMEROS SUSTENTÁVEIS

A busca pelo desenvolvimento sustentável vem de muitas décadas devido ao incessante uso dos recursos naturais e poluição ambiental que atinge a nível mundial diversos ecossistemas (HUANG *et al.*, 2021). Vários autores buscaram uma definição para o termo “desenvolvimento sustentável”, sendo o mais usada até os tempos atuais à citada no Relatório da Comissão Bruntland de 1987 às Nações Unidas, cujo título em português foi “Nosso futuro comum”. Neste relatório, esse termo foi definido como “desenvolvimento que atenda às necessidades da geração atual sem comprometer a capacidade das gerações futuras de atender às suas necessidades”(KEEBLE, 1988) (LEADBITTER, 2002).

Neste contexto, tem-se os polímeros sustentáveis que surgem como materiais que visam atender o desenvolvimento sustentável. Segundo os autores Schneiderman e Hillmyer, 2017, polímeros sustentáveis podem ser definidos como “materiais derivados de matérias-primas



renováveis que são seguras tanto na produção quanto no uso e que podem ser reciclados ou descartados de maneiras ambientalmente inócuas” (SCHNEIDERMAN; HILLMYER, 2017).

Os polímeros sustentáveis e biodegradáveis podem ser classificados em três categorias principais (ANDRADE *et al*, 2001; LIMA *et al.*, 2001; WANG; GANEWATTA; TANG, 2020):

1. Polímeros naturais ou Biopolímeros: são aqueles biossintetizados integralmente pelos seres vivos. Como exemplos, podemos destacar: colágeno, polihidroxialcanoato (PHA), ágar, celulose vegetal, celulose bacteriana, quitina, amido, proteína, etc.

2. Polímeros biotecnológicos: são aqueles produzidos através de processos biotecnológicos. Nessa classificação, podemos destacar o poli(ácido láctico)-PLA, cujo monômero, ácido láctico é obtido da fermentação de fontes de carbono renovável por ação de espécie bacteriana denominada lactobacilos.


3. Polímeros sintéticos de base biológica: são todos os polímeros biodegradáveis obtidos de fontes biológicas e não petroquímica. Como exemplos de algumas dessas matérias-primas, podemos destacar: furano – produção de polímero condutores; terpenos- síntese do Poli(isopreno); ácidos de colofônia-resina produção de cola; entre outros.

Vale ressaltar que apesar da nomenclatura “sustentável” deve-se ter em mente que biodegradabilidade e sustentabilidade são conceitos diferentes, pois polímeros sustentáveis não são necessariamente biodegradáveis. A biodegradabilidade está relacionada com “a capacidade de degradação biológica de materiais orgânicos por organismos vivos em água, dióxido de carbono, metano, elementos básicos e biomassa” (GOSWAMI; O’HAIRE, 2016). Ressalta-se que todos os biopolímeros podem ser considerados biodegradáveis. Dentre os biopolímeros biodegradáveis e sustentáveis tem-se a celulose bacteriana que será detalhada no próximo tópico.

CELULOSE BACTERIANA

Aos longos dos anos, os biopolímeros tem atraído muita atenção por serem materiais biodegradáveis, provenientes de recursos naturais e com grande potencialidade para reduzir ou substituir a demanda por polímeros de origem petrolífera (NAM *et al.*, 2021).

Os biopolímeros são produzidos a partir de organismos vivos, como plantas, algumas bactérias, algas e espécies animais (GÜZEL; AKPINAR, 2020; MOHIUDDIN; KUMAR;




HAQUE, 2017). Podem ser utilizados em diversos setores, como por exemplo, saúde, alimentação, energia e meio ambiente (SILVA *et al.*, 2020).

Dentre os biopolímeros, destaca-se a celulose bacteriana (CB) que é um polímero biossintetizado por alguns gêneros de bactérias e possui estrutura química semelhante à celulose vegetal. Assim como a celulose vegetal, a CB é constituída por monômeros de glicose ligados por ligações glicosídicas β (1-4) (HU; CATCHMARK; DEMIRCI, 2021; JIANG *et al.*, 2020)

Apesar de apresentarem estruturas químicas semelhantes, a CB possui características superiores a celulose vegetal devido à sua pureza e excelentes propriedades físico-químicas, mecânicas e biológicas (FATIMA *et al.*, 2021). Isso pode ser atribuído a sua estrutura 3D estabilizada por ligações de hidrogênio inter e intra-fibrilar que lhe proporcionam características únicas e diferenciadas, como alta resistência à tração, estabilidade mecânica, atoxicidade, alta cristalinidade, alta capacidade de retenção de água, notável permeabilidade a gases e líquidos, dentre outros (RIVERO-BUCETA *et al.*, 2020). A pureza da CB é atribuída a isenção de polímeros não celulósicos em sua estrutura química, como lignina e hemicelulose (CAZÓN; VÁZQUEZ, 2021).

A celulose bacteriana pode ser produzida a partir da rota de biossíntese de alguns gêneros de bactérias como *Acetobacter*, *Achromobacter*, *Aerobacter*, *Agrobacterium*, *Alcaligenes*, *Azotobacter*, *Komagataeibacter* (anteriormente, *Gluconacetobacter*), *Rhizobium*, e *Sarcina* (SAID AZMI *et al.*, 2020; RIVERO-BUCETA *et al.*, 2020; RAGHAVENDRA *et al.*, 2013; NAM *et al.*, 2021; PARK *et al.*, 2010).

Embora apresente excelentes características, o custo do meio de fermentação da celulose bacteriana ainda é um grande limitante para as suas aplicações industriais e participação no mercado (GÜZEL; AKPINAR, 2020). Na literatura existem vários trabalhos que buscam meios alternativos para baratear a produção de CB, dentre eles tem-se o uso de resíduos agroindustriais ou produtos agrícolas, como borra de café e melação de cana-de-açúcar (SOUZA *et al.*, 2021), resíduo líquido da tapioca (GHOZALI; MELIANA; CHALID, 2021), resíduo da casca de abacaxi (SANTOSO *et al.*, 2021), resíduo da casca de laranja (TSOUKO *et al.*, 2020), cascas de batata (ABDELRAOF; HASANIN; EL-SAIED, 2019), melação de cana-de-açúcar (TYAGI; SURESH, 2016), águas residuais da indústria de processamento de jujuba cristalizada (LI *et al.*, 2015), frutas podres e soro de leite (JOZALA *et al.*, 2015), resíduos de indústrias de confeitaria (TSOUKO *et al.*, 2015), palha de trigo (CHEN *et al.*, 2013), resíduos da indústria



de laticínios (JAIN, 2013), caldo residual da fermentação do vinho (CARREIRA *et al.*, 2011), etc.

As aplicações da celulose bacteriana podem ser diversificadas a partir da inserção de outros componentes como polímeros, reforços e compostos ativos, que irão lhe proporcionar novas propriedades e aplicações (FERNANDES *et al.*, 2020).

Na literatura são encontrados vários trabalhos que relatam várias aplicações para a celulose bacteriana, como exemplos tem-se membranas para remediação de águas contaminadas (WANG *et al.*, 2021), embalagens de alimentos (CAZÓN; VÁZQUEZ, 2021), materiais biomédicos (PICHETH *et al.*, 2017), cosméticos (BIANCHET *et al.*, 2020), nanocompósitos magnéticos (SRIPLAI; PINITSOONTORN, 2021), curativos para cicatrização de feridas (SULAEVA *et al.*, 2015) e matéria-prima para a produção de alimentos em alguns países (SHI *et al.*, 2014), entre outros.

CONCLUSÃO

Com base neste trabalho de revisão pode-se concluir que a celulose bacteriana é um polímero sustentável em potencial para substituir, nos próximos anos, a celulose vegetal, mas para isso são necessários mais estudos que permitam sua produção em larga escala e com produtos de baixo custo e fácil aquisição.

REFERÊNCIAS

ABDELRAOF, M.; HASANIN, M. S.; EL-SAIED, H. Ecofriendly green conversion of potato peel wastes to high productivity bacterial cellulose. **Carbohydrate Polymers**, v. 211, p. 75–83, 2019.

AMULYA, K. *et al.* Low carbon biodegradable polymer matrices for sustainable future. **Composites Part C: Open Access**, v. 4, p. 100111, 2021.

ANDRADE, C. T. *et al.* **Dicionário de Polímeros**. Rio de Janeiro: Editora Interciência, 2001.

BIANCHET, R. T. *et al.* Applicability of bacterial cellulose in cosmetics - bibliometric review. **Biotechnology Reports**, v. 27, p. e00502, 2020.

CARREIRA, P. *et al.* Utilization of residues from agro-forest industries in the production of high value bacterial cellulose. **Bioresource Technology**, v. 102, n. 15, p. 7354–7360, 2011.

CAZÓN, P.; VÁZQUEZ, M. Bacterial cellulose as a biodegradable food packaging material: A review. **Food Hydrocolloids**, v. 113, p. 106530, 2021.

CHEN, L. *et al.* Biotransformation of wheat straw to bacterial cellulose and its mechanism. **Bioresource Technology**, v. 135, p. 464–468, 2013.

FATIMA, A. *et al.* Plant extract-loaded bacterial cellulose composite membrane for potential



biomedical applications. **Journal of Bioresources and Bioproducts**, v. 6, n. 1, p. 26–32, 2021.

FERNANDES, I. DE A. A. *et al.* Bacterial cellulose: From production optimization to new applications. **International Journal of Biological Macromolecules**, v. 164, p. 2598–2611, 2020.

GHOZALI, M.; MELIANA, Y.; CHALID, M. Synthesis and characterization of bacterial cellulose by *Acetobacter xylinum* using liquid tapioca waste. **Materials Today: Proceedings**, v. 44, p. 2131-2134, 2021.

GOSWAMI, P.; O’HAIRE, T. Developments in the use of green (biodegradable), recycled and biopolymer materials in technical nonwovens. In: **Advances in Technical Nonwovens**, p. 97–1142016., 2016.

GÜZEL, M.; AKPINAR, Ö. Preparation and characterization of bacterial cellulose produced from fruit and vegetable peels by *Komagataeibacter hansenii* GA2016. **International Journal of Biological Macromolecules**, v. 162, p. 1597–1604, 2020.

HU, H.; CATCHMARK, J. M.; DEMIRCI, A. Co-culture fermentation on the production of bacterial cellulose nanocomposite produced by *Komagataeibacter hansenii*. **Carbohydrate Polymer Technologies and Applications**, v. 2, p. 100028, 2021.

HUANG, Y. *et al.* Progress on polymeric hollow fiber membrane preparation technique from the perspective of green and sustainable development. **Chemical Engineering Journal**, v. 403, p. 126295, 2021.

JAIN, S. Development of Low Cost Nutritional Beverage from Whey. **IOSR Journal Of Environmental Science, Toxicology And Food Technology**, v. 5, n. 1, p. 73–88, 2013.

JIANG, Y. *et al.* Effects of sodium alginate on microstructural and properties of bacterial cellulose nanocrystal stabilized emulsions. **Colloids and Surfaces A: Physicochemical and Engineering Aspects**, v. 607, p. 125474, 2020.

JOZALA, A. F. *et al.* Bacterial cellulose production by *Gluconacetobacter xylinus* by employing alternative culture media. **Applied Microbiology and Biotechnology**, v. 99, n. 3, p. 1181–1190, 2015.

KEEBLE, B. R. The Brundtland Report: “Our Common Future”. **Medicine and War**, v. 4, n. 1, p. 17–25, 1988.

LEADBITTER, J. PVC and sustainability. **Progress in Polymer Science**, v. 27, p. 2197-2226, 2002.

LI, Z. *et al.* Production of nano bacterial cellulose from waste water of candied jujube-processing industry using *Acetobacter xylinum*. **Carbohydrate Polymers**, v. 120, p. 115–119, 2015.

LIMA, U. A. *et al.* **Biotecnologia Industrial: Processos Fermentativos e Enzimáticos**. 1. ed. vol. 3. São Paulo: Editora Edgard Blücher, 2001.

MOHIUDDIN, M.; KUMAR, B.; HAQUE, S. 17 - Biopolymer Composites in Photovoltaics and Photodetectors. In: SADASIVUNI, K. K. *et al.* (Eds.). **Biopolymer Composites in**



Electronics. [s.l.] Elsevier, 2017. p. 459–486.

NAM, J. *et al.* Effect of cross-linkable bacterial cellulose nanocrystals on the physicochemical properties of silk sericin films. **Polymer Testing**, v. 97, p. 107161, 2021.

PARK, S. *et al.* Cellulose crystallinity index: measurement techniques and their impact on interpreting cellulase performance. *Biotech Biofuels* 3:10. **Biotechnology for biofuels**, v. 3, p. 10, 2010.

PICHETH, G. F. *et al.* Bacterial cellulose in biomedical applications: A review. **International Journal of Biological Macromolecules**, v. 104, p. 97–106, 2017.

RAGHAVENDRA, G. M. *et al.* Cellulose–polymer–Ag nanocomposite fibers for antibacterial fabrics/skin scaffolds. **Carbohydrate Polymers**, v. 93 (2), p. 553–560, 2013.

RAI, P. *et al.* Recent advances in the sustainable design and applications of biodegradable polymers. **Bioresource Technology**, v. 325, p. 124739, 2021.

RIVERO-BUCETA, V. *et al.* Anti-staphylococcal hydrogels based on bacterial cellulose and the antimicrobial biopolyester poly(3-hydroxy-acetylthioalkanoate-co-3-hydroxyalkanoate). **International Journal of Biological Macromolecules**, v. 162, p. 1869–1879, 2020.

SAID AZMI, S. N. N. *et al.* Fresh oil palm frond juice as a novel and alternative fermentation medium for bacterial cellulose production. **Materials Today: Proceedings**, v. 42, p. 101–106, 2020.

SANTOSO, S. P. *et al.* Atmospheric cold plasma-assisted pineapple peel waste hydrolysate detoxification for the production of bacterial cellulose. **International Journal of Biological Macromolecules**, v. 175, p. 526–534, 2021.

SCHNEIDERMAN, D. K.; HILLMYER, M. A. 50th Anniversary Perspective: There Is a Great Future in Sustainable Polymers. **Macromolecules**, v. 50, n. 10, p. 3733–3749, 2017.

SHI, Z. *et al.* Utilization of bacterial cellulose in food. **Food Hydrocolloids**, v. 35, p. 539–545, 2014.

SILVA, S. S. *et al.* Fundamentals on biopolymers and global demand. In: **Biopolymer Membranes and Films**. [s.l.] Elsevier, 2020. p. 3–34.

SOUZA, K. C. DE *et al.* Kinetic Study of a Bacterial Cellulose Production by *Komagataeibacter Rhaeticus* Using Coffee Grounds and Sugarcane Molasses. **Materials Research**, v. 24, n. 3, 2021.

SRIPLAI, N.; PINITSOONTORN, S. Bacterial cellulose-based magnetic nanocomposites: A review. **Carbohydrate Polymers**, v. 254, p. 117228, 2021.

SULAEVA, I. *et al.* Bacterial cellulose as a material for wound treatment: Properties and modifications. A review. **Biotechnology Advances**, v. 33, n. 8, p. 1547–1571, 2015.

TSOUKO, E. *et al.* Bacterial Cellulose Production from Industrial Waste and by-Product Streams. **International journal of molecular sciences**, v. 16, n. 7, p. 14832–14849, 2015.



TSOUKO, E. *et al.* Integrated biorefinery development for the extraction of value-added components and bacterial cellulose production from orange peel waste streams. **Renewable Energy**, v. 160, p. 944–954, 2020.

TYAGI, N.; SURESH, S. Production of cellulose from sugarcane molasses using *Gluconacetobacter intermedius* SNT-1: Optimization & characterization. **Journal of Cleaner Production**, v. 112, p. 71–80, 2016.

WANG, F. PING *et al.* Sustainable, superhydrophobic membranes based on bacterial cellulose for gravity-driven oil/water separation. **Carbohydrate Polymers**, v. 253, p. 117220, 2021.

WANG, Z.; GANEWATTA, M. S.; TANG, World Wildlife Fund, Suíça. 2019 C. Sustainable polymers from biomass: Bridging chemistry with materials and processing. **Progress in Polymer Science**, v. 101, p. 101197, 2020.

WIT, W. DE *et al.* **Solucionar a poluição plástica: Transparência e responsabilização.** World Wildlife Fund, Suíça. 2019.



CAPÍTULO 16

ESTIMATIVAS DE CHUVAS INTENSAS DE LONGA DURAÇÃO PARA BRAÇO DO NORTE

DOI: 10.47402/ed.ep.c202142916097

Álvaro José Back, Doutor em Engenharia, Pesquisador da Empresa de Pesquisa Agropecuária e Extensão Rural de Santa Catarina (Epagri), Estação Experimental de Urussanga, SC


RESUMO

A estimativa da vazão máxima para projetos de obras hidráulica requer dados de chuva máxima baseada nas frequências observadas no local. Existem várias distribuições de frequências que podem ser usadas para chuva máximas, destacando-se a distribuição de Gumbel e a distribuição GEV. Este estudo teve como objetivo analisar a série histórica de precipitação de Braço do Norte de forma a obter as estimativas das chuvas máximas com duração de um a dez dias. Foram usados os dados diários de precipitação do período de 1987 a 2019, da estação pluviométrica da Agência Nacional de Águas (ANA), localizada em Braço do Norte (coordenadas latitude $-28,2389^\circ$, longitude $-49,1628^\circ$ e altitude de 68m). Foram determinadas as séries de máximas anuais de chuva com duração de um a dez dias. Para cada séries foram ajustados os parâmetros das distribuições Gumbel e GEV usando o método dos momentos e o método dos L-Momentos. Para avaliar o ajuste destas distribuições foram usados os testes de aderência de Kolmogorov-Smirnov e Anderson-Darling, ao nível de significância de 5%. Os resultados indicaram que a distribuição GEV com parâmetros estimados pelo método dos momentos foi a melhor para as séries com duração de quatro e cinco dias. Para as demais durações a distribuição GEV com parâmetros estimados pelo método dos L-Momentos foi a que apresentou melhor ajuste. Foram apresentadas as estimativas das chuvas máximas com duração de um a dez dias e período de retorno de 2 a 100 anos. Também foi ajustada a equação IDF para estimativa da intensidade da chuva para durações entre 24 e 240 horas e período de retorno de 2 a 100 anos.

PALAVRAS-CHAVE: Chuvas intensas; distribuição GEV; eventos extremos; precipitação.

INTRODUÇÃO

Os eventos de chuvas extremas causam problemas em meio urbano e rural. Para diminuir os impactos do excesso de chuva é comum empregar obras de engenharia como canais de drenagem, sarjetas, bocas de lobo, bueiros. Em áreas rurais destacam-se os terraços, canais escoadouros, canais de drenagem. Essas obras são dimensionadas em função da frequência e magnitudes das chuvas no local, e dos riscos e prejuízos envolvidos com o excesso de chuva. Na definição da chuva a ser usada no projeto considera-se o intervalo médio de recorrência dos eventos extremos, denominado de período de retorno.




Para cada tipo de projeto existe um período de retorno indicado. Nos projetos de micro drenagem urbana geralmente o período de retorno varia de dois a dez anos (TUCCI, 2015). Para projetos de macrodrenagem adota-se períodos de retorno maiores. Nos projetos de barragem o período de retorno pode assumir valores como 1000 a 10000 anos (ELETROBRÁS, 2003). Na maioria dos casos o período de retorno adotado no projeto excede o período de dados registrado, sendo necessário uma extrapolação das frequências observadas.

O procedimento normalmente adotado consiste em utilizar uma distribuição teórica de probabilidades, que deve ter seus parâmetros previamente ajustados com base na série histórica de máximas anuais observadas (De PAOLA, 2018). Neste sentido existem vários trabalhos indicando as distribuições teóricas apropriadas (KITE, 1978; CLARKE, 1994; BACK, 2001). Vários estudos têm investigado os modelos de distribuição de probabilidade para valores extremos de variáveis climáticas, principalmente, sendo os modelos Gumbel e GEV, que têm produzido melhores ajustes ou desempenhos (MILLINGTON; DAS; SIMONOVIC, 2011; MARQUES et al., 2014).

A distribuição de extremos tipo I, também conhecida com distribuição de Gumbel devido Gumbel (1958), é largamente usada em várias áreas de engenharia, principalmente na hidrologia, empregada para a estimativa das vazões e chuvas e máximas (MARQUES et al., 2014). A distribuição de Gumbel é recomendada no Canadá (DAS; SIMONOVIC, 2011) e indicada como a melhor distribuição por diversos autores (VIVEKANANDAN, 2015; MISTRY; SURYANARAYANA, 2019).

A distribuição GEV tem sido mais recentemente indicada e está sendo amplamente utilizado para análises de frequência de chuva devido à sua capacidade de incluir todos os três tipos de valores extremos assintóticos (Gumbel, Fréchet e Weibull). Marra et al. (2017) destacam que a distribuição GEV é uma distribuição de valores extremos de três parâmetros usada mundialmente para modelar extremos de chuva. Vários países da Europa, como Áustria, Alemanha, Itália e Espanha recomendam o uso da distribuição GEV nos estudos de eventos extremos máximos como chuva e vazão (SALINAS et al., 2014).

Além da definição da distribuição estatística a ser usada, o método do ajuste dos parâmetros pode interferir na avaliação da distribuição (MARQUES et al., 2014). Entre os métodos de ajuste dos parâmetros da distribuição de probabilidades destacam-se os métodos dos momentos, o método da máxima verossimilhança e o método dos L-Momentos (HOSKING, 1990).




O método dos momentos é tido como mais simples, mas também menos preciso que outros procedimentos como o método da máxima verossimilhança (VIVEKANANDAN, 2015). O método da máxima verossimilhança apresenta como inconveniente a maior complexidade nas rotinas de cálculos para estimativa dos parâmetros, como é o caso da distribuição GEV. Naghettini e Pinto (2007) destacam que o método dos momentos pode produzir estimativas de baixa qualidade comparadas ao método da máxima verossimilhança especialmente quando a distribuição tem três ou mais parâmetros. Os autores destacam que o método L-Momentos resulta em estimativas comparáveis em qualidade as do máxima verossimilhança, sendo frequentemente mais precisas para mostras com pequeno número de observações. Hosking (1990) ao comparar o método dos L-Momentos com o Método dos Momentos convencionais afirma que o L-Momentos pode ser considerado mais eficaz. Isto porque esse é menos sujeito a influências dos valores extremos das séries de dados nas estimativas e, por consequência, aproxima com maior precisão sua distribuição normal assintótica para amostras finitas.

Wan Zin, Jemain e Ibrahim (2009) destacam que o método dos momentos é amplamente aplicado no campo da pesquisa aplicada, como hidrologia, meteorologia e engenharia civil, para estimar parâmetros de uma distribuição. É baseado em uma combinação linear de estatísticas de ordem, onde as estatísticas de primeira até a quarta ordem correspondem a medidas de localização, escala, assimetria e curtose, respectivamente. Quando comparados aos métodos de máxima verossimilhança e ao método dos momentos, os estimadores encontrados com base no L-Momentos são mais robustos, comprovados por terem menor erro quadrático médio e mais fáceis de calcular.

Feyissa e Tukyra (2019) destacam que a avaliação adequada da distribuição da frequência é um dos principais problemas enfrentados pelos hidrólogos. Esta questão é muito importante porque distribuições diferentes podem produzir estimativas significativamente diferentes para o mesmo período de retorno (COULSON, 1991). Skees (2010) também aponta que a escolha da distribuição de probabilidades ou o ajuste inadequado dos parâmetros pode levar a estimativas inadequadas dos riscos de ocorrência dos eventos extremos. De acordo com Koga-Vicente e Nunes (2011), conhecer os riscos de eventos extremos é de grande importância para mitigação de problemas. A adoção de políticas públicas sérias para prevenção frente aos desastres deflagrados pelas chuvas intensas, concretizadas por medidas de planejamento, constituem um dos principais instrumentos para prevenir e minimizar os impactos.

Ao utilizar diferentes modelos de distribuição, depara-se com a dificuldade de selecionar qual o melhor modelo. Realizar a seleção da melhor distribuição é um ponto crucial



para um ajuste eficaz de diversos períodos de retorno (MANDAL; CHOUDHURY, 2014; ZHANG, 2002). Portanto, é preciso utilizar meios para a escolha da melhor distribuição, esses meios, são conhecidos como testes de aderência (VIVEKANANDAN, 2015).

A maioria dos trabalhos realizados sobre chuvas intensas tratam da chuva máxima com duração diária ou de chuvas com duração inferior a 24 h. Destacam-se os trabalhos sobre ajuste de equação IDF para chuvas de curta duração, isto é, duração menor que 24 horas. Muitos destes obtidos pela desagregação da chuva diária (BACK; CADORIN, 2021). No entanto, em projetos que envolvem grandes bacias, ou em estudos de drenagem agrícola, muitas vezes é necessário considerar a frequência de chuvas de grande, duração. Namita e Vinothkumar (2019) afirmam que a análise de precipitação máxima em dias consecutivos de diferentes períodos de retorno é uma ferramenta básica para o planejamento econômico seguro e o projeto de pequenas barragens, pontes, bueiros, obras de irrigação e drenagem. Os autores destacam ainda que a análise da precipitação máxima em dias consecutivos é mais relevante para o projeto de drenagem de terras agrícolas. Pizarro (1978) e Beltrán (1987) apresentam critérios de drenagem agrícolas com chuvas máximas diárias com duração de um a sete dias. Este trabalho teve como objetivo analisar a série histórica de precipitação de Braço do Norte de forma a obter as estimativas das chuvas máximas com duração de um a dez dias.

MATERIAL E MÉTODOS

Foram utilizados os dados diários de precipitação do período de 1987 a 2019, da estação pluviométrica da Agência Nacional de Águas (ANA), com código 02849030 (coordenadas latitude -28,389, longitude -49,1628, altitude de 68m), localizada em Braço do Norte, SC. Foram determinadas as séries de precipitações máximas anuais com duração de um a dez dias.

Foram ajustadas as distribuições Gumbel, GEV para cada uma das séries de diferentes durações. A função densidade de probabilidade da distribuição de Gumbel é dada por:

$$f(x) = \alpha^{-1} \exp\left(-\frac{x-\beta}{\alpha}\right) \exp\left[-\exp\left(-\frac{x-\beta}{\alpha}\right)\right] \quad (1)$$

onde: $f(x)$ = função densidade de probabilidades; α = parâmetro de escala (desvio padrão da distribuição de Gumbel); β = parâmetro de posição (Moda) da distribuição Gumbel

Os quantís da distribuição Gumbel são dados por:

$$X_T = \beta + \alpha \left(-\ln\left(-\ln\left(1 - \frac{1}{T}\right)\right) \right) \quad (2)$$

Em que X_T = valores estimados da chuva máxima anual com período de retorno T; β = parâmetro de posição da distribuição Gumbel; α = parâmetro de escala da distribuição Gumbel; T = período de retorno (anos).

A distribuição Generalizada de valores Extremos (Generalized Extreme Value) ou distribuição GEV foi introduzida por Jenkinson (1955) e incorpora três formas de assintóticas de valores extremos máximos em uma única expressão. A função densidade de probabilidades é dada por:

$$f(x) = \frac{1}{\alpha} \left[1 - k \left(\frac{x-\beta}{\alpha} \right) \right]^{\left(\frac{1}{k-1} \right)} \exp \left\{ - \left[1 - k \left(\frac{x-\beta}{\alpha} \right) \right]^{1/k} \right\} \quad (3)$$

Em que: α = parâmetros de escala; β = parâmetro de posição; K = parâmetro forma.

O valor do sinal do parâmetro K determina a forma assintótica de valores extremos máximos. Se k for negativo ($k < 0$) a GEV representa a distribuição tipo II, definida apenas para $X > (\beta + \alpha)/k$. Para o caso de k positivo (se $K > 0$) a GEV representa a distribuição tipo III definida apenas para $X < (\beta + \alpha)/k$. O caso especial, em que o parâmetro k é igual a zero ($k = 0$) a distribuição GEV corresponde distribuição tipo I ou distribuição de Gumbel, com os parâmetros de escala α e posição β .

Os quantis da distribuição GEV são dados por:

$$X_T = \beta + \frac{\alpha}{k} \left[1 - \left(-\ln \left(1 - \frac{1}{T} \right) \right)^k \right] \quad (4)$$

Em que: X_T = valores estimados da chuva máxima anual com período de retorno T; β = parâmetro de posição da distribuição GEV; α = parâmetro de escala da distribuição GEV; κ = parâmetro de forma da distribuição GEV; T = período de retorno (anos).

Os parâmetros de cada distribuição foram ajustados pelos métodos dos momentos, conforme descrito em Kite (1978), e pelo método dos L-Momentos, conforme descrito Hosking (1994, 2005).

Para avaliar a aderência das distribuições ajustadas às series observadas foram usados os testes de Kolmogorov-Smirnov (KS) e Anderson-Darling (AD), ambos a 5% de significância. A estatística de KS é dada por:

$$D = \max_{i \leq i \leq n} (F(x_i) - F_{n_{i-1}}; F_{n_i} - F(x_i)) \quad (5)$$

Em que: D é a estatística calculada do teste KS; $F(x_i)$ é a frequência teórica da observação i; F_n é a frequência empírica.

O teste de aderência de Anderson-Darling (AD) é não paramétrico que estima com mais vigor as caudas das distribuições, onde as máximas ou mínimas observações da amostra podem alterar a qualidade do ajuste. A estatística do teste de Anderson-Darling é calculada por:

$$A^2 = -N - \sum_{i=1}^N \frac{(2i-1)\{\ln F_x(x_{(i)}) + \ln[1 - F_x(x_{(N-i+1)})]\}}{N} \quad (6)$$

Onde, $\{x_{(1)}, x_{(2)}, \dots, x_{(m)}, \dots, x_{(N)}\}$ representam as observações em ordem crescente (NAGHETTINI; PINTO, 2007).

Para distribuição de Gumbel e distribuição GEV a estatística do teste AD é corrigida por:

$$AD_c = A^2(1 + 0,20/\sqrt{N}) \quad (7)$$

Em que: AD_c = valor corrigido do teste de Anderson-Darling; A = estatística do teste de Anderson-Darling; N = tamanho da amostra.

Com a distribuição com o melhor ajuste de cada duração foram estimadas as alturas das chuvas com período de retorno de 2 a 100 anos e duração de um a dez dias. Essas alturas foram convertidas em intensidades, e dessa forma, foi ajustada uma equação para estimar a intensidade da chuva conforme:

$$i = \frac{KT^m}{(t+b)^n} \quad (8)$$

Em que i : intensidade da chuva (mm/h); T = período de retorno (anos); T = duração da chuva (horas); K , m , b , n coeficientes a serem ajustados.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Na Tabela 1 constam o resumo estatístico das séries de chuvas máximas anuais com duração de um a dez dias. Observa-se que as séries apresentam assimetria positiva, típica dos eventos extremos de chuvas máximas, com coeficiente de assimetria variando de 0,414 a 1,764. O coeficiente de variação variou de 26,4 a 34,0%. Alam et al. (2018) afirmam que séries com coeficiente de assimetria acima de 1,0 podem ser consideradas altamente assimétricas, enquanto a assimetria de 0,5 a 1 é considerada moderadamente assimétrica. Séries com assimetria entre -0,5 e 0,5 podem ser consideradas aproximadamente simétricas. Vários estudos no Brasil mostram que, em geral, as séries de máximas anuais têm assimetria positiva, como observado com estações pluviométricas do Acre (BACK; CADORIN, 2020a); Amapá (BACK; CADORIN, 2020b), Alagoas (BACK; CADORIN; GALATTO, 2020). Olontofintoye et al. (2009) apresentaram dados de 20 estações pluviométrica da Nigéria, com dados coeficiente de assimetria variando de 1,14 a 3,46 e coeficiente de variação de 16 a 34%. Wan Zin, Jemain e

Ibrahim (2009) apresentando dados de 50 estações pluviométrias da Malásia encontraram média variando de 70,3 mm a 238,7 mm, e coeficiente de variação variando de 20 a 60%.

Tabela 1: Resumo estatístico das séries de máximas anuais om duração de 1 a dez dias de chuva máxima de Braço do Norte (1987-2019).

Duração	Média (mm)	Desvio padrão (mm)	Coeficiente de Assimetria	Coeficiente de Variação (%)	Maior valor (mm)	Menor valor (mm)
1 dia	78,2	20,6	0,414	26,4	129,6	46,0
2 dias	102,6	27,8	0,494	27,1	182,3	52,0
3 dias	116,0	32,4	1,674	27,9	240,5	72,9
4 dias	129,8	42,6	1,617	32,8	273,4	80,6
5 dias	138,4	47,0	1,610	34,0	301,6	80,6
6 dias	145,8	47,7	1,734	32,7	314,9	92,2
7 dias	152,6	47,9	1,764	31,4	321,2	98,8
8 dias	161,6	48,7	1,618	30,1	322,7	101,4
9 dias	170,6	46,9	1,489	27,5	322,7	101,4
10 dias	176,8	48,0	1,326	27,1	322,7	101,4

Na Tabela 2 constam os resultados dos parâmetros ajustados para as distribuições Gumbel e GEV e os valores dos testes de aderência para cada duração. Observa-se que somente para a duração de dois dias o teste AD rejeitou a distribuição Gumbel com parâmetros ajustados pelo método dos momentos. Para todas as demais séries, tanto o teste de KS como AD não rejeitaram nenhuma das distribuições ajustadas, uma vez que os valores de KS e AD foram inferiores aos valores críticos ao nível de significância de 5%. Nas Figuras 1 a 4 constam representadas as aderências dos dados observados às distribuições teóricas, onde é possível visualizar a boa aderência destas distribuições às séries de chuvas máximas anuais.

Adotando como a melhor distribuição de probabilidades aquela que apresentou o menor valor da estatística AD observa-se que a distribuição GEV com parâmetros estimados pelo método dos momentos foi a melhor para as durações de quatro e cinco dias, sendo a distribuição GEV com parâmetros estimados pelo método dos L-Moments considerada a melhor para as demais distribuições. Estes resultados estão de acordo com outros estudos que mostram que embora as distribuições Gumbel e GEV não sejam rejeitadas pelos testes de aderência, a distribuição GEV mostra melhor ajuste (MELLO; SILVA, 2005; BLAIN; MESCHIATTI, 2014; BESKOW et al., 2015; NAMITHA; VINOCHKUMAR, 2019; BACK; CADORIN, 2020a, 2020b; BACK CADORIN; GALATTO, 2020). Ressalta-se que existem vários trabalhos indicando a distribuição Gumbel como a mais adequada (BACK, 2001; BACK; HENN; OLIVEIRA, 2011; MARQUES et al. 2014; VIVEKANANDAN, 2015; MISTRY; SURYANARAYANA, 2019), o que reforça a necessidade de estudo com base nos dados locais para selecionar a melhor distribuição de probabilidades para cada série de dados observada.

Tabela 2: Parâmetros das distribuições Gumbel e GEV ajustados pelos métodos do Momentos (MM) e L-Moments (LM) e estatísticas do teste Kolmogorov-Smirnov (KS) e Anderson-Darling (AD) para séries de precipitação de Braço do Norte, SC.

Distribuição	Parâmetro	Duração da série de dados de precipitação									
		1 dia	2 dias	3 dias	4 dias	5 dias	6 dias	7 dias	8 dias	9 dias	10 dias
Gumbel MM	α	16,09	21,67	25,27	33,22	36,67	37,17	37,35	37,95	36,57	37,41
	β	68,88	90,05	101,43	110,67	117,22	124,38	131,04	139,66	149,49	155,22
	KS	0,148	0,154	0,167	0,121	0,096	0,093	0,113	0,124	0,125	0,138
	AD	0,716	0,853*	0,645	0,691	0,361	0,402	0,563	0,693	0,549	0,646
Gumbel LM	α	16,96	22,62	24,27	31,69	35,52	35,66	35,65	36,40	35,56	36,69
	β	68,37	89,49	102,00	111,54	117,87	125,25	132,02	140,55	150,06	155,62
	KS	0,148	0,148	0,167	0,114	0,093	0,082	0,105	0,126	0,124	0,139
	AD	0,569	0,725	0,663	0,653	0,323	0,338	0,493	0,639	0,515	0,629
GEV MM	α	18,97	25,09	22,65	30,11	33,30	32,95	32,94	34,41	33,98	35,96
	β	69,78	91,06	101,01	110,30	116,81	123,93	130,58	139,24	149,15	154,99
	κ	0,156	0,135	-0,075	-0,068	-0,067	-0,082	-0,085	-0,068	-0,052	-0,029
	KS	0,109	0,124	0,187	0,132	0,103	0,080	0,093	0,111	0,113	0,132
	AD	0,336	0,495	0,799	0,637	0,277	0,233	0,322	0,488	0,419	0,583
GEV LM	α	19,47	26,28	25,41	28,02	31,31	29,63	27,66	27,79	28,48	29,97
	β	69,85	91,68	102,59	109,95	116,04	122,75	128,88	137,22	147,22	152,88
	κ	0,176	0,139	0,052	-0,119	-0,122	-0,171	-0,223	-0,235	-0,200	-0,185
	KS	0,105	0,119	0,154	0,142	0,118	0,100	0,104	0,086	0,090	0,105
	AD	0,324	0,456	0,624	0,692	0,293	0,225	0,177	0,268	0,275	0,459

KS crítico ($\alpha = 0,05$) = 0,237; AD crítico ($\alpha = 0,05$) = 0,757

Olofintoye, Sule e Salami (2009) destacam que existem muitas distribuições estatísticas que podem ser aplicadas para descrever os eventos extremos anuais de precipitação de determinado local. Contudo a escolha do modelo adequado é um dos maiores problemas na prática da engenharia, pois, não existe uma concordância geral de qual a distribuição ou as distribuições a serem usadas na análise de frequência de chuvas extremas. A seleção do modelo adequado depende principalmente das características dos dados de chuva disponível de uma estação particular. Por isso é necessário avaliar várias distribuições no sentido de encontrar o modelo que melhor permite obter as estimativas de chuvas extremas.

Figura 1: Aderência das distribuições Gumbel e GEV para as séries de chuvas máximas com duração de 1 a 3 dias de Braço do Norte, SC.

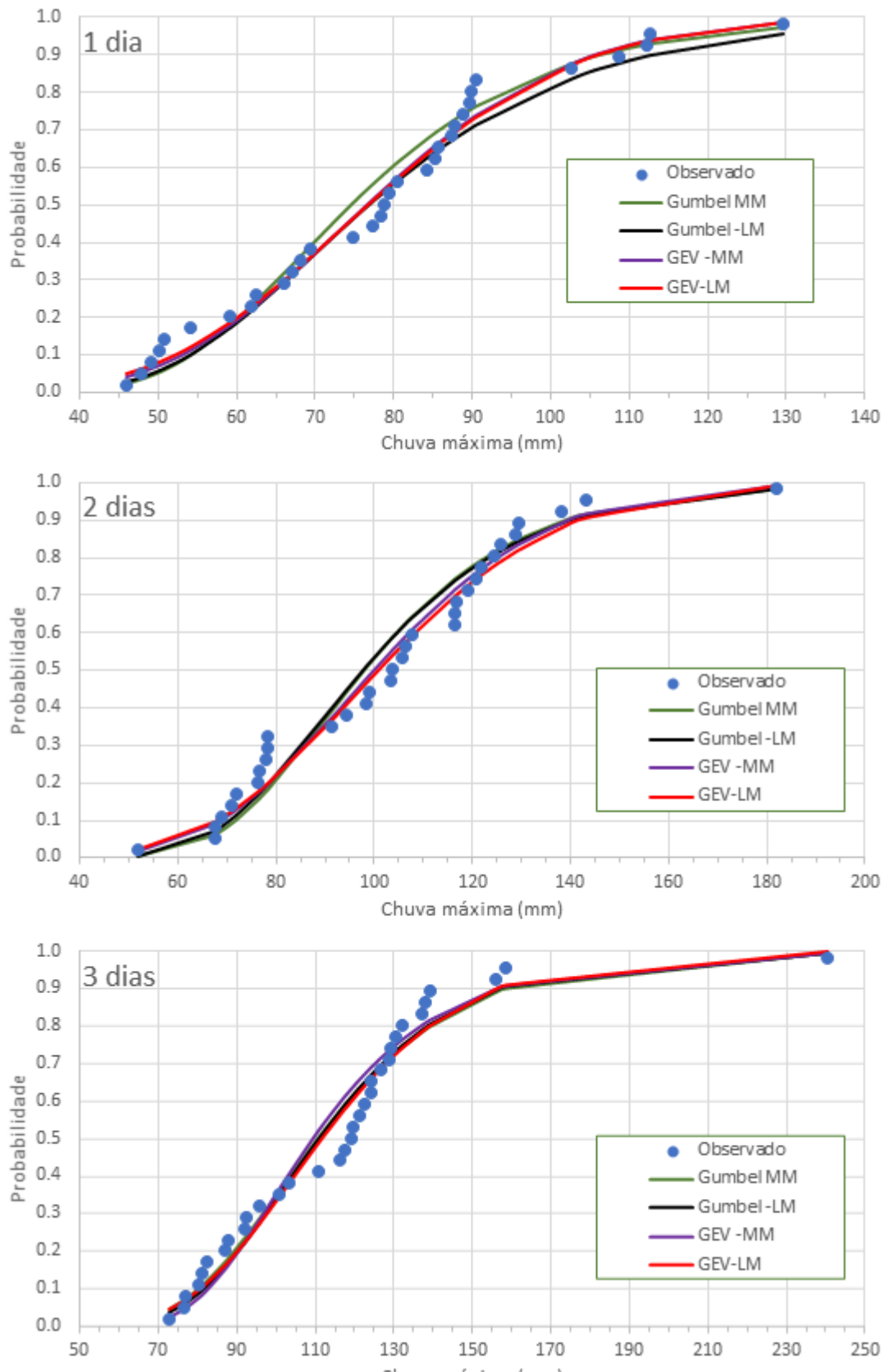




Figura 2: Aderência das distribuições Gumbel e GEV para as séries de chuvas máximas com duração de 4 a 6 dias de Braço do Norte, SC.

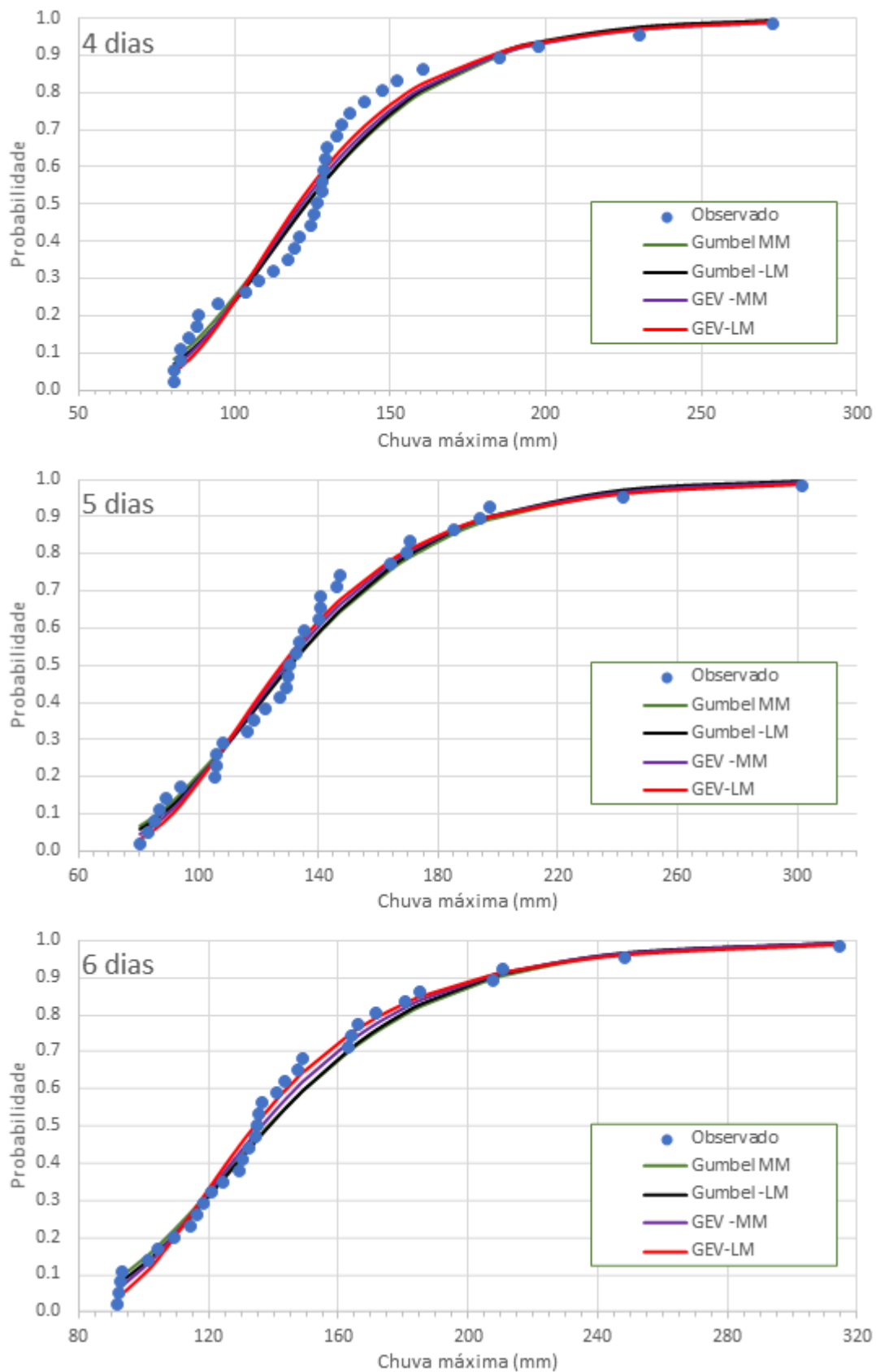




Figura 3: Aderência das distribuições Gumbel e GEV para as séries de chuvas máximas com duração de 7 a 9 dias de Braço do Norte, SC

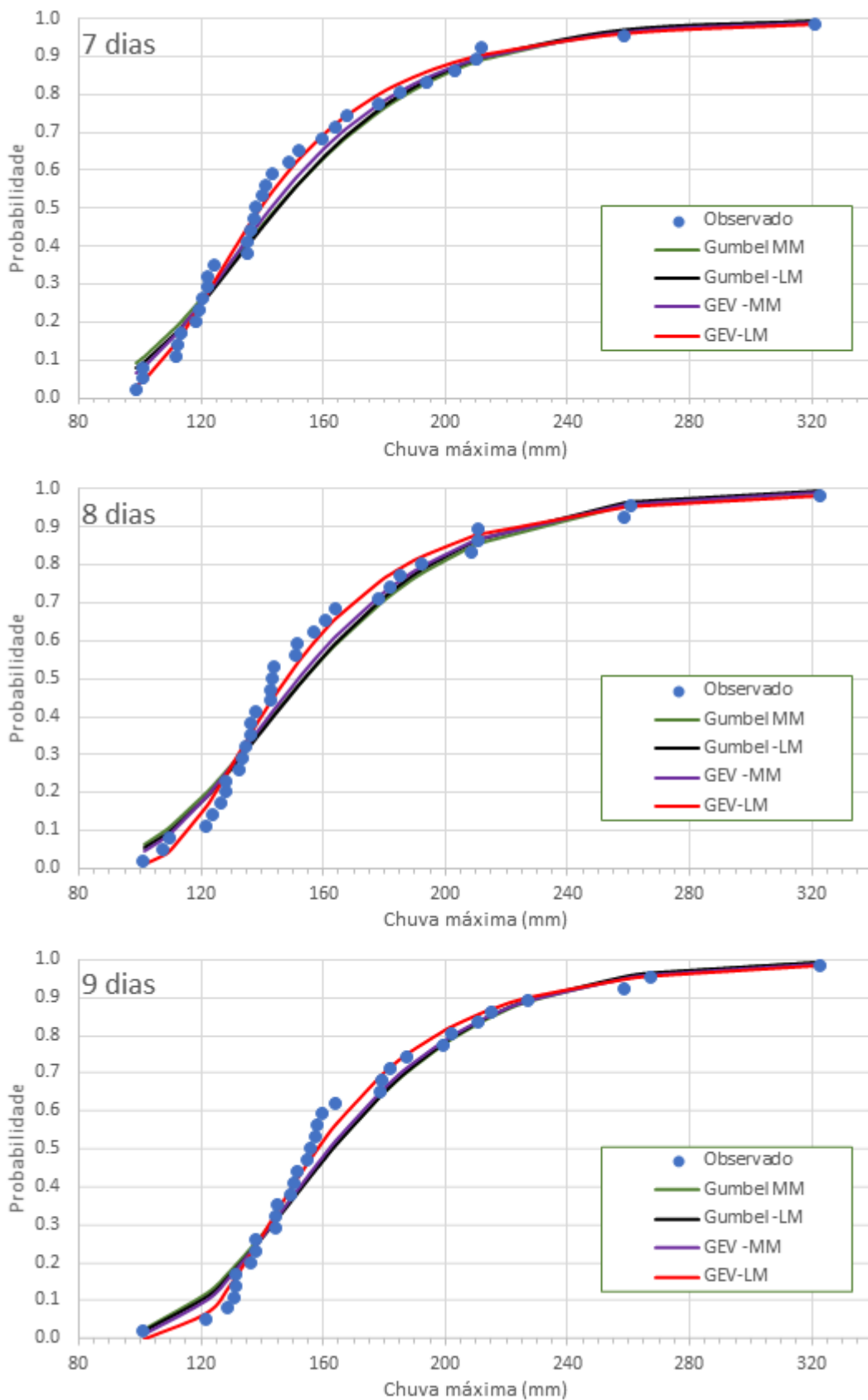
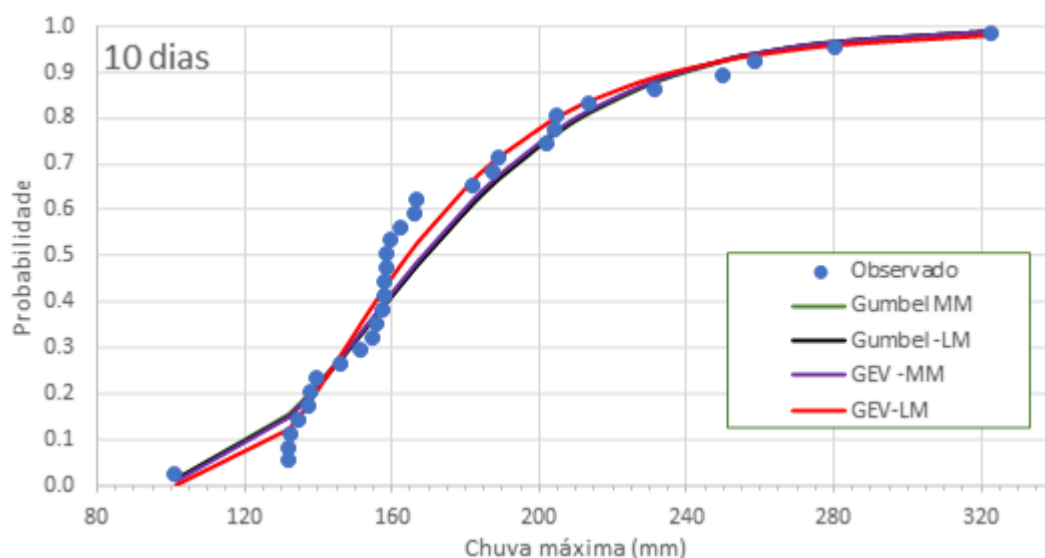


Figura 4: Aderência das distribuições Gumbel e GEV para a série de chuvas máximas com duração de 10 de Braço do Norte, SC



Na Tabela 3 constam as estimativas das chuvas máximas com duração de 1 a dez dias e período de retorno de 2 a 100 anos estimadas pelas distribuições GEV ajustadas. Esses valores podem ser usados para os projetos de drenagem na região de Braço do Norte. Para a obtenção de intensidade da chuva com duração entre 1 e 10 dias e outros períodos de retorno entre 2 e 100 anos pode-se utilizar a equação IDF ajustada (equação 9), cujas relações IDF estão representadas na Figura 5. Destaca-se que no Brasil existem centenas de trabalhos e equações IDF (BACK; CADORIN, 2021), no entanto essas equações são ajustadas para doações de até 24 horas. A equação aqui apresentada mostra que essas equações podem ser ajustadas também para chuvas de longa duração.

A equação IDF ajustada para Braço do Norte é dada por:

$$i = \frac{27,664T^{0,1946}}{(t+7,76)^{0,6854}} \quad (9)$$

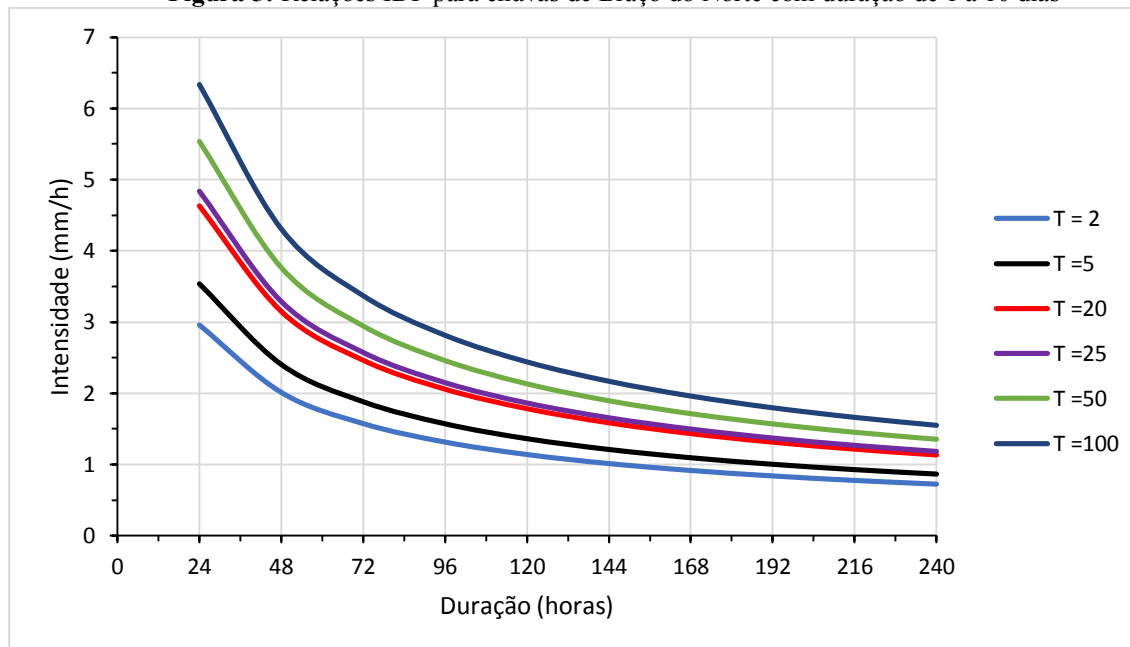
Válida para duração $4 \leq t \leq 240$ horas e período de retorno de $2 \leq T \leq 100$ anos. Essas relações podem ser visualizadas na Figura 5.

Tabela 3: Chuvas máximas com duração e 1 a 10 dias e período de retorno de 2 a 100 anos para Braço do Norte, Santa Catarina

Duração da série	Período de retorno (anos)						
	2	5	10	20	25	50	100
1 dia	76,8	95,5	106,0	114,9	117,5	124,8	131,3
2 dias	101,1	127,2	142,4	155,6	159,5	170,8	180,9
3 dias	111,8	139,3	156,6	172,5	177,5	192,4	206,6
4 dias	121,5	157,9	183,5	209,4	217,9	244,9	272,9
5 dias	129,2	169,3	197,7	226,2	235,6	265,3	296,2
6 dias	134,0	173,4	204,1	237,5	248,9	287,2	330,1

7 dias	139,4	178,2	209,8	245,5	258,1	301,1	351,1
8 dias	147,9	187,2	219,6	256,6	269,7	314,8	365,0
9 dias	158,0	197,0	228,1	262,7	274,8	317,0	367,0
10 dias	164,2	204,7	236,5	271,5	283,6	324,2	370,2

Figura 5: Relações IDF para chuvas de Braço do Norte com duração de 1 a 10 dias



CONCLUSÕES

Com base na análise de trinta e três anos de registros pluviométricos de Braço do Norte pode-se obter as seguintes conclusões;

- As séries de máximas anuais de precipitação com duração de um a dez dias apresentam assimetria positiva, variando de 0,414 a 1,764 e coeficiente de variação entre 26,4 a 34,0%.
- O teste de Anderson-Darling somente rejeitou a distribuição Gumbel com parâmetros estimados pelo método dos momentos para duração de dois dias. As distribuições Gumbel e GEV com parâmetros estimados com o método dos L-Momentos podem ser usadas para todas as durações.
- -Para duração de quatro e cinco dias o melhor ajuste foi obtido com a distribuição GEV com parâmetros estimados com o método dos momentos, e para as demais durações a melhor distribuição foi a GEV com parâmetros estimados pelo método dos momentos e L-Momentos;

- A equação IDF ajustada para Braço de Norte Permite estimar a intensidade da chuva para durações de 24 a 240 horas e período de retorno de 2 a 100 anos.

REFERÊNCIAS

ALAM, M.A.; EMURA, K.; FARNHAM, C.; YUAN, J. Best-Fit Probability Distributions and Return Periods for Maximum Monthly Rainfall in Bangladesh. **Climate, Basel**, v.6, n.9, p.1-17, 2018. doi:10.3390/cli6010009

BACK, Á.J.; CADORIN, S.B. Heavy rain equations for Brazil. **International Journal of Development Research**, v.11, n.1, p.43332-43337, 2021.

BACK, Á.J. Seleção de distribuição de probabilidades para chuvas diárias extremas do estado de Santa Catarina. **Revista Brasileira de Meteorologia**, v.16, p.211 - 222, 2001.

BACK, Á.J.; CADORIN, S.B. Extreme rainfall and intensity-duration-frequency equations for the state of Acre, Brazil. **Brazilian Journal of Environmental Sciences (Online)**, v.55, n.2, p.159-170. 2020a. doi.org/10.5327/Z2176-947820200597

BACK, Á.J.; CADORIN, S.B. Chuvas máximas diárias e equações intensidade-duração-frequência para o estado do Amapá, Brasil. **Revista Brasileira de Climatologia**, v.26, p.313-325, 2020b. dx.doi.org/10.5380/abclima.v26i0.69844

BACK, Á.J.; CADORIN, S.B.; GALATTO, S.L. Extreme rainfall and IDF equations for Alagoas State, Brazil. **Revista Ambiente & Água**, v.15, n. 6, e2544 - Taubaté 2020. doi:10.4136/ambi-agua.2544. 2020.

BACK, Á.J.; HENN, A.; OLIVEIRA, J.L.R. Heavy rainfall equations for Santa Catarina, Brazil. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v.35, p.2127-2134. 2011. http://dx.doi.org/10.1590/S0100-06832011000600027


BELTRÁN, J.M. **Drenaje Agrícola**. In: Ministerio de Agricultura, Pesca y Alimentación/Instituto Nacional de Reforma y Desarrollo Agrario, Madrid, 1986. 239 p. (Series de Ingeniería Rural y Desarrollo Agrario - Manual técnico Num. 5)

BESKOW, S.; CALDEIRA, T.L.; MELLO, C.R.; FARIA, L.C.; GUEDES, H.A.S. Multiparameter probability distributions for heavy rainfall modeling in extreme southern Brazil. **Journal of Hydrology: Regional Studies**, 4B, p. 123-133, 2015.

BLAIN, G.C.; MESCHIATTI, M.C. Distribuições multi-paramétricas para avaliar a probabilidade de ocorrência de eventos extremos de precipitação pluvial. **Revista brasileira de engenharia agrícola e ambiental**, v.18, n.3, p.307-313. 2014.

CLARKE, R.T. Fitting distributions In: CLARKE, R. T. **Statistical modelling in Hydrology**. Chichester: John Wiley & Sons. 1994. p.39-84.

COULSON, C.H. **Manual of operational hydrology in British Columbia**. Water Management Division, Hydrology Section, Ministry of Environment, Lands and Parks, BC, Canada.1991. 238p.



DAS, N.M.S.; SIMONOVIC, S.P. The Comparison of GEV, Log-Pearson Type 3 and Gumbel Distributions in the Upper Thames River Watershed under Global Climate Models. **Water Resources Research Report**, Londres, p. 1-54, 2011.

DE PAOLA, F.; GIUGNI, M.; PUGLIESE, F.; ANNIS, A; NARDI, F. GEV parameter estimation and stationary vs.non-stationary analysis of extreme rainfall in African test cities. **Hydrology**, v.5, n.28, 2018. doi:10.3390/hydrology5020028

ELETROBRAS. **Diretrizes para projetos de PCH. Estudos básicos**, cap 6, 15p. 2003.

FEYISSA, T.A.; TUKURA, N.G. Evaluation of the best-fit probability of distribution and return periods of river discharge peaks. Case study: Awetu River, Jimma, Ethiopia. **Journal of Sedimentary Environments**, v.4, n.4, p.360-368, 2019. doi: 10.12957/jse.2019.46128

GUMBEL, E. J. **Statistic of extremes**. Columbia University Press, New York, pp377. 1958.

HOSKING, J.R.M. L-moments: Analysis and estimation of distributions using linear combinations of order statistics, **Journal of the Royal Statistical Society Statistical Methodological**, v.52, p.105–124, 1990.

HOSKING, J.R.M. The four-parameter Kappa distribution. *IBM Journal of Research and Development*, v.38, n.3, p.251–258, 1994.

HOSKING, J.R.M. **FORTRAN Routines for use with the method of L-moments**. Version 3.04, Rep. No. RC 20525 (90933). IBM Research Division, T.J. Watson Research Center, Yorktown Heights, NY. 2005.

JENKINSON, A.F. The frequency distribution of the annual maximum (or minimum) values of meteorological elements. *Quarterly Journal of Royal Meteorological Society*, v.81, p.58–171, 1955.


KITE, G.W. Frequency and risk analyses in Hydrology. **Water Resources publications. Colorado. 1978. 224 p.**

KOGA-VICENTE, A.; NUNES, L.H. Impactos socioambientais associados à precipitação Em municípios do litoral paulista. **Geografia**, Rio Claro, v. 36, n. 3, p. 571-588. 2011.

MANDAL, S.; CHOUDHURY, B.U. Estimation and prediction of maximum daily rainfall at Sagar Island using best fit probability models. **Theoretical and Applied Climatology**. 2014. Doi: 10.1007/s00704-014-1212-

MARRA, F.; MORIN, E.; PELEG, N.; MEI, Y.; ANAGNOSTOU, E.N. Intensity-duration frequency curves from remote sensing rainfall estimates: comparing satellite and weather radar over the eastern Mediterranean. **Hydrology and Earth System Sciences**, v. 21, p. 2389–2404, 2017.

MARQUES, R. F.DE P.V.; MELLO, C.R.; SILVA, A.M.; FRANCO, C.S.; OLIVEIRA, A.S. Desempenho de distribuições de probabilidades aplicadas a eventos extremos de precipitação diária. *Ciência Agrotecnologia*, v.38, n.4) p.335-342. 2014. <https://doi.org/10.1590/S1413-70542014000400003>



MELLO, C.R.; SILVA, A.M. Métodos estimadores dos parâmetros da distribuição de Gumbel e sua influência em estudos hidrológicos de projeto. **Irriga**, Botucatu, v. 10, n.4, p.318-334. 2005. doi: <https://doi.org/10.15809/irriga.2005v10n4p334-350>

MISTRY, P.B.; SURYANARAYANA, M.V. Estimation of annual one day maximum rainfall using probability distributions for Waghodia Taluka, Vadodara. **Global Research and Development Journal for Engineering**, p.296-300. 2019. <https://www.grdjournals.com/uploads/conference/GRDCF/012/059/GRDCF012059.pdf>

MILLINGTON, N.; DAS, S.; SIMONOVIC, S.P. The Comparison of GEV, Log- Pearson Type 3 and Gumbel Distributions in the Upper Thames River Watershed under Global Climate Models. **Department of Civil and Environmental Engineering, The University of Western Ontario – Canadá, report n. 77, 2011. 52p**

NAGHETTINI, M.; PINTO, E.J.A. **Hidrologia estatística**. CPRM, Belo Horizonte.2007.

NAMITHA, M.R.; VINOCHKUMAR, V. Development of empirical models from rainfall-intensity-duration-frequency curves for consecutive days maximum rainfall using GEV distribution. **Journal of Pharmacognosy and Phytochemistry**, v.8, n.1, p.2705-2709, 2019.

OLOFINTOYE, O.O; SULE, B.F; SALAMI, A.W. Best-fit Probability distribution model for peak daily rainfall of selected Cities in Nigeria. **New York Science Journal**, 2009, v.2, n.3, 2009.

PIZARRO, F. **Drenaje agrícola y recuperacion de suelos salinos**. Madrid, Editorial Agrícola Española, 1978, 521 p.

SALINAS, J.L.; CASTELLARIN, A.; KOHNOVÁ, S.; KJELDSEN, T.R. Regional parent flood frequency distributions in Europe-Part 2: Climate and scale controls. **Hydrology and Earth System Sciences**, v.18, p.4391-4401, 2014.

SKEES, J. R. State of Knowledge Report — Data Requirements for the Design of Weather Index Insurance. **GlobalAgRisk, Inc.** 1008 S. Broadway, 2010, 153p.

TUCCI, C.E.M. **Hidrologia – Ciência e Aplicação**. Porto Alegre. Editora da Universidade. ABRH, 2015. 943p.

VIVEKANANDAN, N. Quantitative Assessment on Fitting of Gumbel and Frechet Distributions for Extreme Value Analysis of Rainfall. **International Journal of Scientific Research in Science and Technology**, v. 1, n. 2, p. 68-73, 2015.

WAN ZIN, W.Z.; JEMAIN, A.A.; IBRAHIM, K. The best fitting distribution of annual maximum rainfall in Peninsular Malaysia based on methods of L-moment and LQ-moment. **Theoretical an Applied Climatology**, v. 96, p.337-344, 2009.

ZHANG, W.B.; XIE, Y.; LIU, B.Y. Rainfall erosivity estimation using daily rainfall amounts. **Scientia Geographica Sinica**, v.22, n.6, p.705-711, 2002



CAPÍTULO 17

DARWINISMO SOCIAL: CONGONHAS - A MALDIÇÕES DA MINERAÇÃO PERIRURBANA

DOI: 10.47402/ed.ep.c202146717097

Almir Aparecido Malta Ferreira, Master in Mineral Engineering

RESUMO

Introdução: A freguesia de Congonhas foi um pólo minerador no “Ciclo do Ouro”; com a exaustão do “Metal Dourado” perdeu este *status*, caiu num marasmo econômico e se tornou berço religioso. Este limbo econômico era aliviado anualmente quando da visita dos milhares de romeiros que vinham para o “*Jubileu do Senhor do Bom Jesus do Matozinhos*”. Em 1811 o Barão Wilhelm Ludwig Von Eschiweg, instalou o primeiro centro siderúrgico Brasileiro, “a Fabrica Patriótica/Mina de Fábrica, hoje VALE, e resgatou aquela tradição. Mais tarde, 10/01/1911, o dinamarquês Arnt Kirstein Thun comprou a “Fazenda Casa de Pedra” para minerar ferro nas montanhas de Congonhas, ao sudoeste do Quadrilátero Ferrífero e parte da bacia do Alto do Paraopeba. É periurbana a mineração, adentra a área urbanizada, degrada a qualidade de vida e compromete a sustentabilidade. **Objetivo:** Esta pesquisa objetiva trazer a luz o “*Cenário recente de Congonhas*” e contextualizar o *Estado da Arte*. **Justificativa:** Nas últimas décadas a expansão das minas vem ameaçando o futuro de Congonhas, motivo pelo qual é pertinente este estudo de diagnóstico elaborado com uma **metodologia** que: Atualiza o projeto: “A expansão da mineração no município de Congonhas (MG) e implicações socioambientais.”; Atualiza as concessões minerárias; Verifica *in loco* o cenário e avalia a dinâmica das atividades sobre a Cidade; Sobrepõe as concessões no mapa municipal, quantifica a área ocupada e analisa os conflitos socioambientais; Elabora relatório diagnóstico contextualizado e dá publicidade. **Conclusão:** A sustentabilidade está relacionada com a conservação e/ou manutenção dos vários cenários indispensáveis a “Vida/ao Viver” no agora, garantindo-os às gerações futuras. Congonhas depende sócio e economicamente do minério de ferro, mas a verticalização da produção degrada o “Bom Viver”. O setor exerce pressão sobre o sistema econômico e político em detrimento dos interesses coletivos e “*A cidade de Congonhas tende a ser engolida pela mineração periurbana de minério de ferro.*”

PALAVRAS-CHAVE: Mineração; Quadrilátero Ferrífero; Minério de Ferro; Impactos da Mineração, Desenvolvimento Sustentável.

INTRODUÇÃO: VOCAÇÃO MINEIRA

O extrativismo mineral é base econômica de Minas Gerais desde os tempos dos bandeirantes que na busca por riquezas desbravaram e descobriram o ouro e criaram o histórico “Circuito do Ouro”. Os caminhos, por eles, percorridos no final do século XVII ficaram conhecidos como “Estrada Real”, faz parte do “Ciclo do Ouro de Minas Gerais” e foi berço da

“Inconfidência Mineira”. A freguesia de Congonhas¹² foi um grande centro de mineração desta época.

“Congonhas se tornou um importante centro de mineração e de lá saíram grandes fortunas na época. Em 1796 a força do ouro trouxe ao distrito de Congonhas o mago das formas, o escultor Aleijadinho, Ali ele deixou para sempre a manifestação mais concreta da grandiosidade de sua arte: O conjunto arquitetônico e artístico da Basílica de Bom Jesus dos Matosinhos é reconhecido como Patrimônio Cultural da Humanidade pela UNESCO em 1985.” (UFOP, 2021).

Com a exaustão das Minas de Ouro Congonhas perdeu o *status* de proeminente pólo

minerador e se tornou importante centro religioso. O esgotamento do ouro resultou no marasmo econômico que só era aliviado uma vez por ano, em setembro, quando acontecia o Jubileu do Senhor do Bom Jesus do Matozinhos e arrastava para a cidade milhares deromeiros devotos de Bom Jesus.

A situação mudou a partir de 1812, segundo o site da Prefeitura Municipal de Congonhas, quando “o barão Eschwege instalou no arraial, com a intenção pioneira no país de produzir ferro, sua Fábrica Patriótica, ... às margens da rodovia BR 040, nas proximidades da Mina da Fábrica ... hoje pertencente à VALE”. Bem mais tarde, em 10 de janeiro de 1911, o dinamarquês Arnt Kirstein Thun comprou a fazenda Casa de Pedra¹³ para minerar ferro das elevadas montanhas e assim este empreendedor resgatou a tradição da mineração em Congonhas. A CSN proprietária do patrimônio do A. Thun foi a principal mineradora no município até a última década,

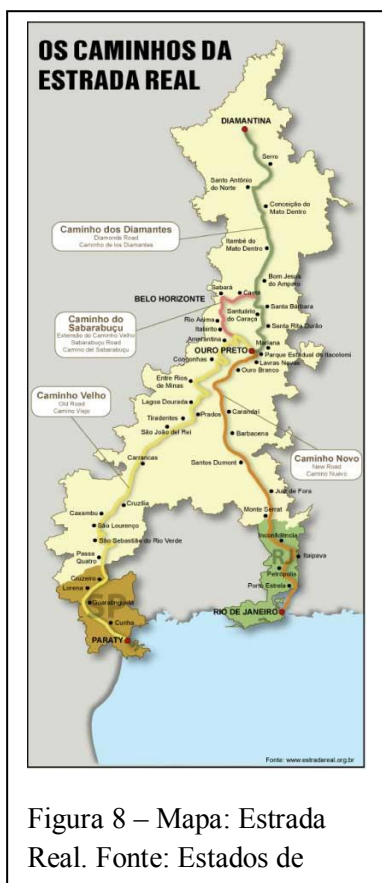


Figura 8 – Mapa: Estrada Real. Fonte: Estados de

porém com alta demanda por aço o cenário vem radicalmente se transformando. A mineradora VALE¹⁴ é a detentora do maior número de concessões no município ao sudoeste do Quadrilátero Ferrífero. Segundo Ferreira, 2012: “O Quadrilátero Ferrífero, limite ocidental da Mata Atlântica no centro de Minas Gerais, é uma das províncias minerais mais famosas do

¹² Dados que consta no site da Câmara Municipal de Congonhas, assinado por André Candreva.

¹³ A mina de Casa de Pedra na época da empresa A. Thun & Cia. LTDA, de propriedade do industrial dinamarquês Arnt Kirstein Thun, foi adquirida em 10 de janeiro de 1911 para a extração de minério de ferro na cidade de Congonhas. A empresa A. Thun & Cia. LTDA, após o fim da segunda guerra mundial, no governo de Getúlio Vargas, operou sob a intervenção federal, decreto lei 7011 de novembro de 1944, que posteriormente pela carta de sentença cível de 11 de novembro de 1946, para atender a Usina Presidente Vargas em Volta Redonda, foi passada para CSN.

¹⁴ A empresa VALE co-irmã da empresa CSN teve como berço de fundação a cidade de Itabira, no interior de Minas Gerais. Ambas foram criadas por Getulio Vargas no início dos anos 40.

mundo, associada a uma plethora de depósitos minerais de valor econômico, notadamente ferro e ouro, [...].

“A mineração no município de Congonhas é intensa, avança,, ocupa parte considerável do território de Congonhas e impõe ao meio ambiente local e à comunidade consideráveis impactos ambientais, socioeconômicos e culturais. ... Os conflitos da mineração com a comunidade em Congonhas são significativos e têm chamado a atenção da mídia e de autoridades (ALAMINO, 2011; ALMG, 2010; ARIADNE, 2011; BACCI, 2006; CABIDO, 2010; DUARTE, 2010; ENRIQUEZ, 2008). Segundo Barbieri e Ruiz (2010), a tendência é de que todos estes eventos se concentrem em Congonhas e cause fortes impactos ambientais à comunidade.” (FERREIRA, 2012)

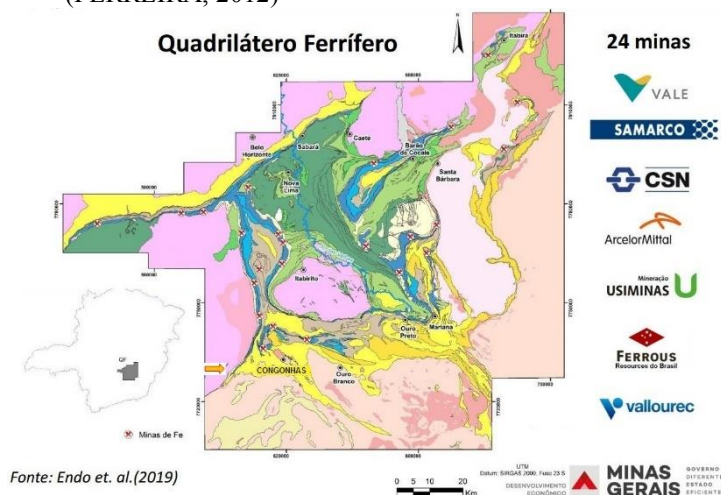


Figura 9 – Quadrilátero Ferrífero - Minas Gerais. Fonte alterada: Endo, 2019.

O município de Congonhas está localizado na bacia do “Alto Paraopeba”, sudeste do Quadrilátero Ferrífero e é o principal fornecedor de minério de ferro do estado de Minas.

METODOLOGIA

A cidade de Congonhas se sustenta e é dependente sócio e economicamente do setor extrativo de recurso natural/mineral, especificamente da extração do minério de ferro. A mineração local “*tende ali minerar*” por longos anos e as evidências apontam para o agravamento e deterioração da saúde urbana. Preconiza o Art. 225: “Todos têm direito ao meio ambiente ecologicamente equilibrado, bem de uso comum do povo e essencial à sadia qualidade de vida, impondo-se ao Poder Público e à coletividade o dever de defendê-lo e preservá-lo para as presentes e futuras gerações.” Considera também que a questão ambiental é dividida em competências por esferas de responsabilidades e cuidados. Neste sentido “[...] um dos principais desafios para o desenvolvimento sustentável é conhecer a base sócio espacial em que os fenômenos ocorrem.” (Enríquez, 2008 apud Ferreira, 2012). A partir da base constitucional seguiram-se as fases deste projeto: I - Trazer a luz o projeto investigativo de mestrado intitulado: “A expansão da mineração no município de Congonhas (MG) e implicações

socioambientais”, realizado pelo Programa de Pós-Graduação em Engenharia Mineral do Departamento de Engenharia de Minas da Escola de Minas de Ouro Preto, defendido, na Universidade Federal de Ouro Preto, no ano de 2012 e confrontá-lo com a realidade recente; II - Atualização bibliográfica; III - Acesso ao aplicativo *Sigmine* da ANM-MG para atualização das concessões minerárias no município; IV - Delimitação do espaço onde se distribui os direitos minerários; V - Verificação do cenário *in loco* e análise da dinâmica das minas sobre a cidade; VI - Criteriosa análise dos conflitos ambientais, socioeconômicos e culturais; VII - Sobreposição dos polígonos minerários sobre o mapa do município, delimitação e quantificação da área de abrangência das concessões, plotagem, e; XIII – Elaboração do relatório diagnóstico contextualizado.

ESTUDO DE CASO

Na bacia hidrográfica do Alto Rio Paraopeba, borda Sul do Quadrilátero Ferrífero, está localizado o município de Congonhas. A cidade é fortemente afetada pela ação do homem, fatores antrópicos/atividades de mineração, que causam significativos impactos ambientais.

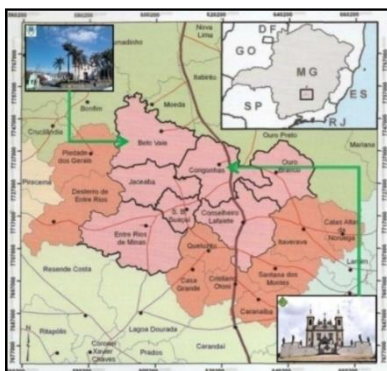


Figura 10 – Congonhas e os municípios pertencentes ao CODAP. Fonte: Revista CODAP, 2010.

“[...] a região é intensamente impactada pelas atividades minero-siderúrgica, ... Congonhas acha-se inserido neste contexto. As empresas CSN - Companhia Siderúrgica Nacional, Ferrous-Resources do Brasil LTDA, Vale S.A., Namisa - Nacional Minérios S/A, VSB-Vallourec&Sumitomo Tubos do Brasil e Gerdau S. A. são as principais responsáveis por grandes projetos no Alto do Paraopeba. focados na expansão das minas, ampliação e instalação de usinas siderúrgicas, pelletização, mineroduto. [...] empreendimentos envolvem expressiva área do município de Congonhas (CODEMIG, 2010 apud FERREIRA, 2012).

A extração de bens minerais exauríveis é uma importante fonte de receita para alavancar a cadeia produtiva do município, fomentar o crescimento e desenvolvimento socioeconômico local. O empreendimento minerário é um negócio de safra única, portanto a gestão municipal não só deve desenvolver atividades a montante e a jusante do setor de extração mineral, como

deve se valer das dádivas econômicas da cadeia produtiva de ferro para direcionar o município à diversidade de receitas para garantir a sustentabilidade socioeconômica.

RESULTADOS

Atividades minerárias no município de Congonhas: A econômica do município de Congonhas é totalmente dependente da extração em larga escala do minério de ferro e apresenta sérios conflitos socioambientais. As atividades da mineração periurbana avançam sobre o tecido urbano da cidade compromete o uso e ocupação do solo, impõe severos conflitos ambientais que impactam os recursos hídricos e a qualidade de vida da comunidade.

Aspectos socioeconômicos

MUNICÍPIOS COM MAIORES ARRECADAÇÕES DE CFEM DE 2019 - ATÉ OUTUBRO				
Ranking	Município	Qtd. Títulos	Recolhimento CFEM (R\$)	% do Total
1	Parauapebas/PA	10	806.790.618,28	24,5%
2	Canaã dos Carajás/PA	2	496.468.087,15	15,1%
3	Congonhas/MG	5	205.995.970,32	6,3%
4	Nova Lima/MG	10	166.977.278,67	5,1%
5	Itabira/MG	7	162.950.895,12	5,0%
6	Conceição Mato Dentro/MG	2	141.171.615,42	4,3%
7	São Gonçalo Rio Ab./MG	7	102.946.902,10	3,1%
8	Marabá/PA	19	102.100.641,15	3,1%
9	Itabirito/MG	17	95.083.832,82	2,9%
10	Mariana/MG	13	79.271.425,29	2,4%
11	Brumadinho/MG	22	59.160.724,97	1,8%

Fonte: ANM (25/10/2019)

Figura 11 – A CEFEM em Minas Gerais. Fonte:

O município de Congonhas no ano de 2019 se despontou como o primeiro arrecadador estadual da CEFEM e terceiro no Ranking brasileiro. Como “*Líder regional em Mineração de Ferro*”, tem como base econômica os bens naturais esgotáveis, sendo a produção local de minério de ferro o maior peso na economia local.

Manchas: O rastro da mineração periurbana

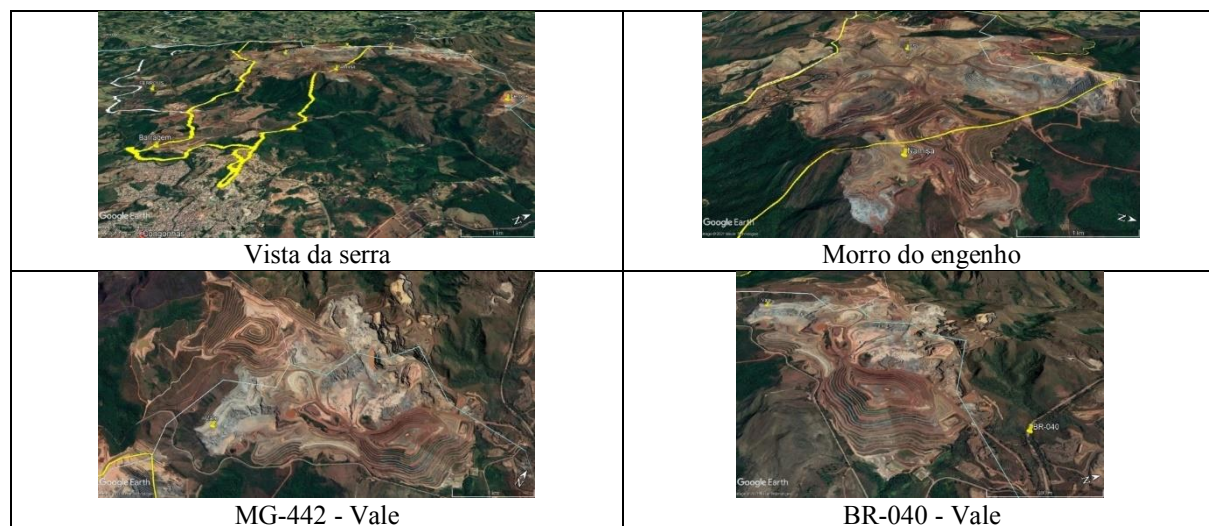


Figura 12 – Áreas desnudas: Poluição Eólica. Fonte: Google, 2021.

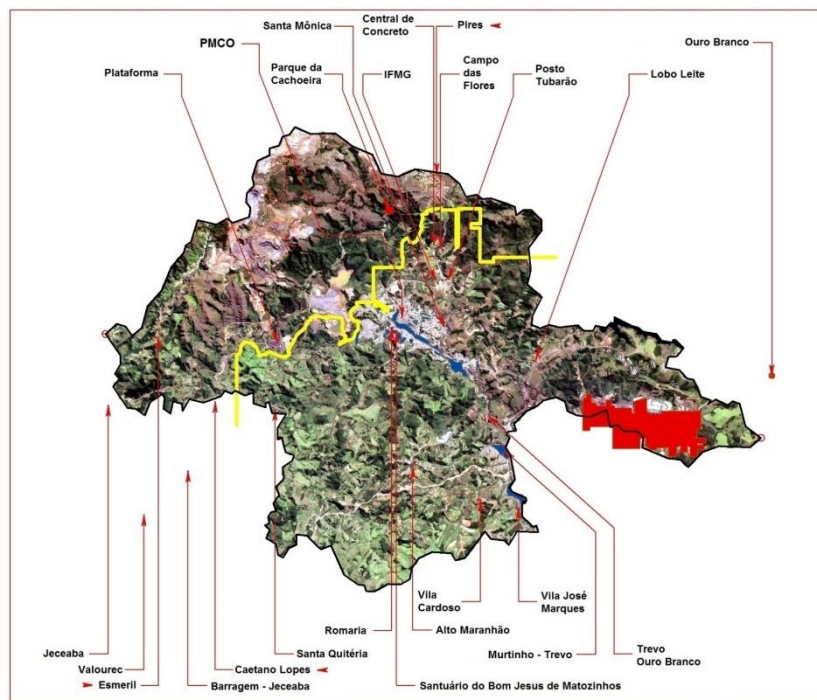


Figura 13 – Ocupação e degradação do solo. Fonte: FERREIA, 2021.

A população vive em um ambiente degradado pelos impactos da mineração e propensa ao desenvolvimento de ansiedade, de estresse, depressão e transtornos biopsicossociais.

ESTADO DA ARTE

Atividades intensas: Ocupação de aproximadamente 37 %

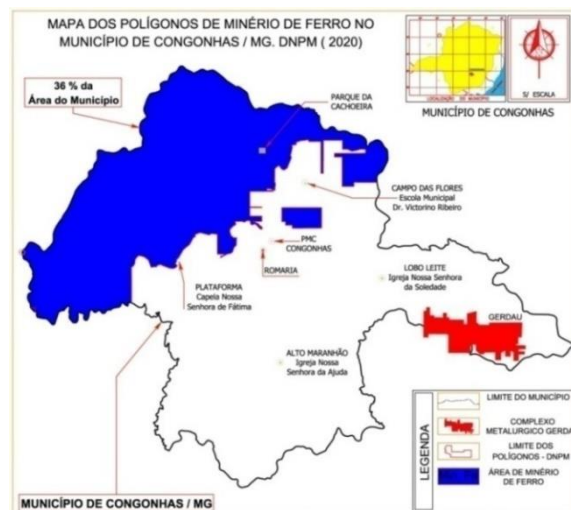


Figura 14 – O Município¹⁵: Área de Minério de ferro e Gerdau. Fonte: Ferreira, 2020.

¹⁵ O percentual de 36 %, ANM (2020), está restrito as concessões ANM e não considera a área da barragem da CSN.

Segundo Milanez (2011) apud Ferreira (2012), “[...] a opção pela especialização em atividades mineradoras não garante um desenvolvimento local de melhor qualidade, isto porque alguns indicadores revelam que Congonhas apresenta resultados piores do que os pequenos municípios da região, como no caso do IFDM¹⁶ Educação e IFDM Saúde superados pelo município de São Brás do Suaçuí. (FERREIRA, 2012).

DAM BREAK¹⁷: Barragem Casa de Pedra – Risco e ameaça constante de tragédia.

A cidade de Congonhas, em razão da existência de várias barragens localizadas no município ou a ele podendo afetar, está sujeita a vários cenários críticos e principal ameaça vem da barragem urbana “Casa de Pedra” da CSN Mineração.

Em Congonhas, moradores viveram o carnaval da angústia e da revolta; em 8 segundos, lama da barragem pode chegar às suas casas

Moradores de área de risco teriam de correr a 250 km/h para escapar de um possível rompimento da barragem Casa de Pedra

Figura 15 – Manchete na mídia. Fonte: Penna, 2019.



Figura 16 – Esquerda: Barragem urbana de Casa de Pedra. Fonte: Oliveira, 2019.

Figura 17 – Centro: Barragem urbana de Casa de Pedra. Fonte: Penna, 2019.

Figura 18 – Direita: Barragem urbana de Casa de Pedra. Fonte: DOMTOTAL, 2021.

¹⁶ IFDM: Índice FIRJAM de Desenvolvimento Municipal. Estudo que acompanha emprego e renda, educação e saúde anualmente dos municípios.

¹⁷ Dam Break: Termo utilizado pela engenharia e se trata de um estudo matemático que avalia os potenciais impactos causados pelo rompimento de uma barragem.

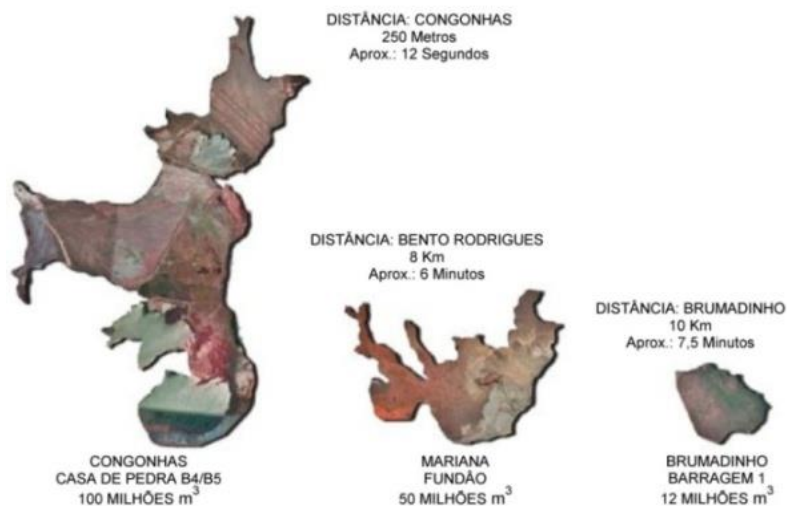


Figura 19 – Distância/Volume/Tempo. Fonte alterada: Penna, 2019.

Relatório da Secretaria Municipal de Meio Ambiente de Congonhas mostra que a cidade histórica que abriga os profetas do mestre Aleijadinho seria praticamente varrida. O colapso afetaria drasticamente municípios. (DOMTOTAL, 2021).

Emissões atmosféricas – Poeira: Uma ameaça constante ao conforto e saúde.

“Os ventos da região são oriundos do nordeste, ... a certa altura, se deparam com ... a Serra da Moeda, que modifica sua direção, ... para a direção da cidade de Congonhas (sudeste). ... as partículas se depositam na cidade e geram o impacto socioambiental.” (ANDRADE, 2013).

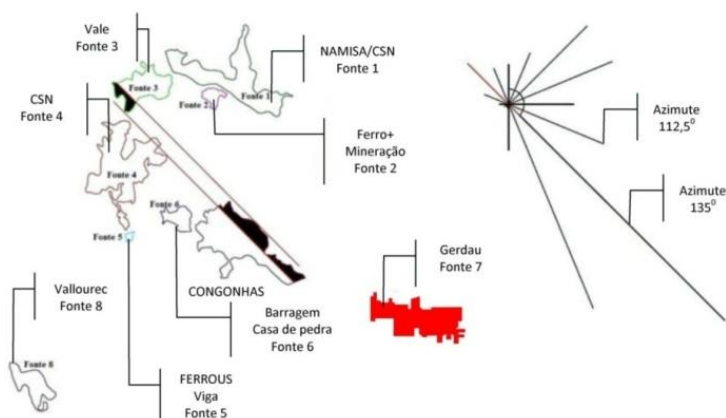


Figura 20 - Sombra eólica: Direção azimutal de 135°. Fonte alterada: ANDRADE, 2013.



Foto: Hugo Cordeiro



Moradores registraram em imagens e vídeos a nuvem de poeira que cobriu o céu de Congonhas no dia 27 de junho

“Começou com uma brisa fraquinha, porém foi intensificando por volta de meio dia, gerando um arraste de poeira de grandes proporções e trazendo um grande incômodo para a população. Muita gente fechando as casas com a nuvem de poeira cobrindo vários bairros e, até o pôr do sol, via-se aquele ar pesado parado sobre a cidade”, descreveu Sandoval, que lembrou ainda não ser a primeira vez que o fenômeno ocorre, mas “certamente foi o de maior intensidade em 2020”.

Figura 21 – Nuvem de poeira sobre Congonhas – 27/06/2020. Fonte: Cordeiro, 2020.

O Bairro Plataforma e Bairro do Pires

Devido à proximidade do bairro Plataforma à área de carregamento da produção da CSN, apenas 15m, vagões geram grande nível de ruído, impede o sono de cerca de 300 famílias e foi motivo de remoção forçada. (ZHOURI *et. al.*, 2007 apud FERREIRA, 2012).

A população do bairro do Pires sofre com os impactos de vizinhança (ruídos, aspecto visual, poeira, desvalorização de seus imóveis e etc.).



Figura 22 – Esquerda e Centro: Área residencial do Bairro da Plataforma. Fonte: Helm, 2015.

Figura 23 – Direita: Área residencial do Bairro do Pires. Fonte: Ferreira, 2012.

Casa de Pedra, Eldorado, Cristo Rei, Bairro Preto, Vila Rica e Residencial

Bairros, anteriormente distantes das atividades minerárias, vem sendo surpreendidos com instalações industriais da expansão das minas que avançam sobre a rede urbana. A população destes bairros sofre com os impactos de proximidade (ruídos, aspecto visual, poeira e desvalorização de imóveis).



Figura 24 - Tragédia¹⁸ reacende a discussão sobre barragem. Fonte: Sandoval, 2019.

Concessões ANM¹⁹ no município:

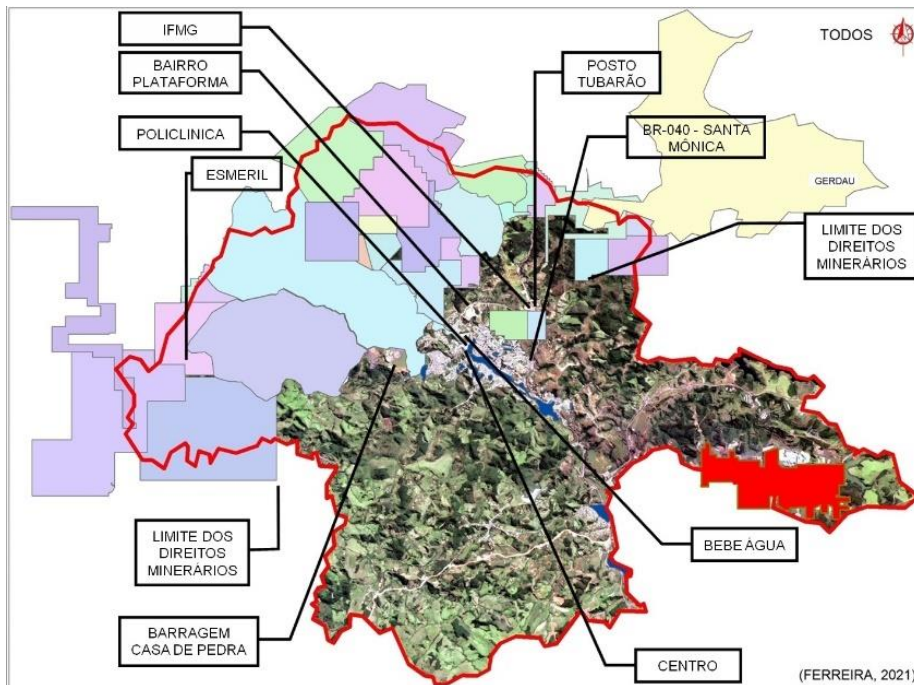


Figura 25 – Concessões de recursos minerais. Fonte: Google e ANM, 2021.

¹⁸ A manchete faz referência aos colapsos das barragens de Bento Rodrigues, Mariana e Córrego do Feijão, Brumadinho.

¹⁹ ANNM: Agência Nacional de Mineração.

PRODUÇÃO - Milhões de toneladas ano (M/t/ano)				
CSN	PROCESSO	ANO	ATUAL	EXPECTATIVA
		Planta central	2017	26,3
	Sistema a seco	2017	11	
	A primeira planta	2021 a 2023	10	50
	A segunda planta	2024 a 2026	20	
	Planta Central	2028 a 2029	20	
	Mercado de Ações			63 a 108
	XP Investimentos ²¹	2030	90	
	Seu Dinheiro ²²	2025	63	
		2030	108	
VALE	FERROUS	Planta em 2009	25	25 a 40
	FERROUS ²³	2015	40	+
	Estrada Belo Vale	(?)	(?)	(?)
	Outras Frentes	(?)	(?)	(?)
MBR		(?)	(?)	*
Brazmine		(?)	(?)	25
Outros		(?)	(?)	(?)

Carta IGA 1984: Recursos superficiais comprometidos

A mineração ocupa aproximadamente 37% da superfície do município de Congonhas e vem gerando graves conflitos ambientais.

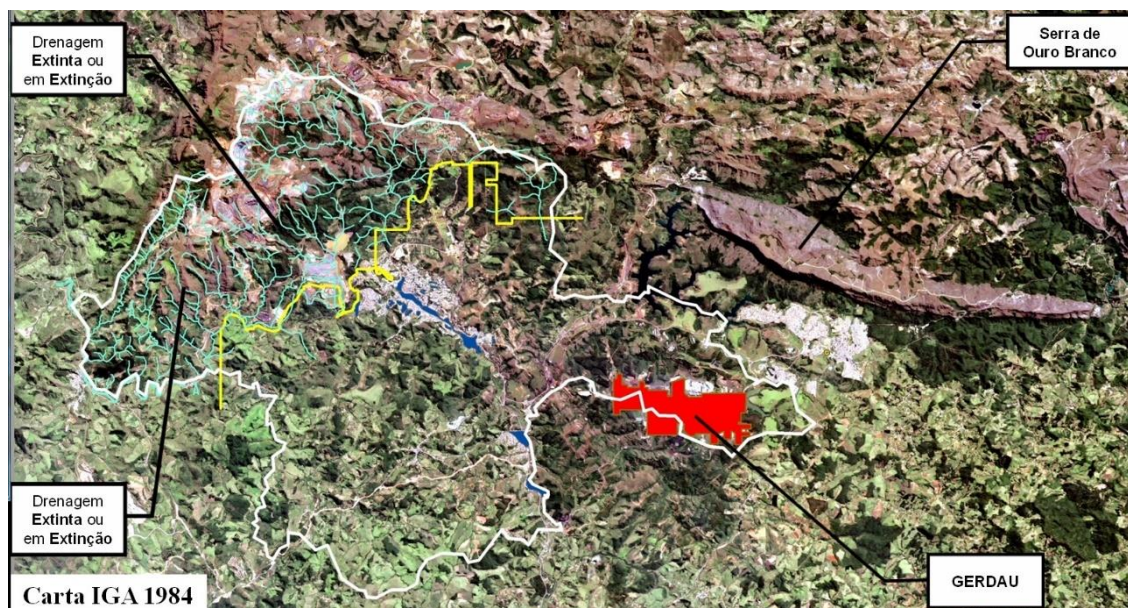


Figura 27 – Drenagem e a área de influência da mineração. Fonte alterada: PMCO, 2004.

²⁰ (*) - Valores de produção que, em razão das concessões ANM no município, podem se realizar em poucos anos.

²¹ <https://www.moneytimes.com.br/acao-da-csn-mineracao-ja-rivaliza-com-vale-na-preferencia-dos-ana-listas/>

²² <https://www.seudinheiro.com/2021/empresas/vendo-uma-gigante-em-formacao-bancos-recomendam-compra-de-csn-mineracao/>

²³ <https://www.inthemine.com.br/site/vale-inicia-2019-com-dois-novos-ativos-de-minerio-de-ferro/>

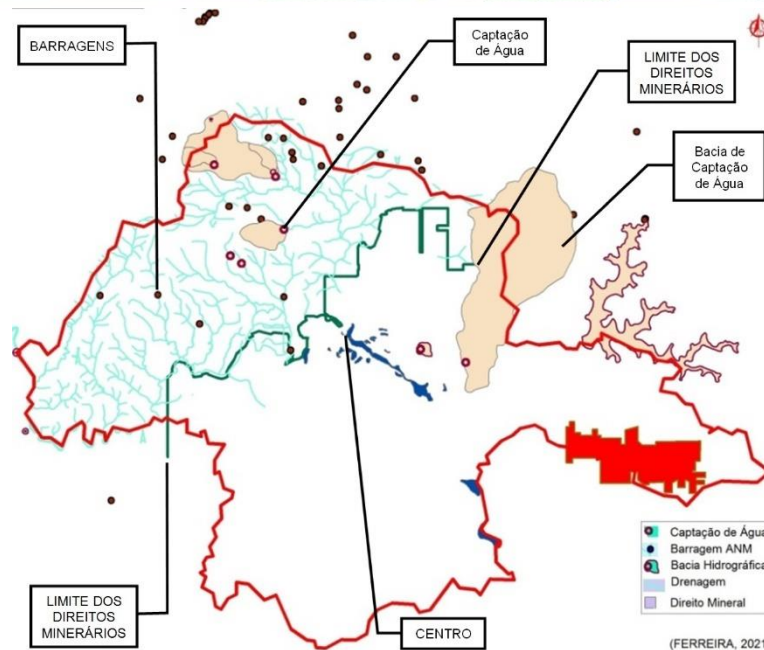



Figura 28 – Área de influência da mineração. Fonte alterada: PMCO, 2004.

A mineração *de per si* não é solução

A renda municipal não difere dos municípios vizinhos, a renda *per capita* da população de é razoavelmente baixa sugerindo que a mineração não tem se revelado como agente de desenvolvimento local. Segundo o IBGE (2020), Congonhas conta com a densidade demográfica de 159,57 habitantes por Km² para uma população de 55.309 pessoas. O rendimento nominal mensal per capita na cidade em 2010 foi de até ½ salário mínimo para 34,7 % da população, isto representava a posição 544 de 853 cidades no estado e a posição de 3633 de 5570 cidades do Brasil. O PIB per capita municipal foi de R\$30.573,59 em 2017. A renda média *per capita* foi de 3,1 salários mínimos mensais para os trabalhadores formais em 2018 e representou 33,1% da população ocupada. O IBGE (2020) aponta para o número de 14.076 domicílios permanentes e 13.802 pessoas sem rendimentos, sendo o rendimento nominal mediano mensal de R\$900,00 para os economicamente ativos e R\$510,00 para os não economicamente ativos.

CONCLUSÕES

O projeto investigativo e dissertação de mestrado intitulado: “A expansão da mineração no município de Congonhas (MG) e implicações socioambientais” evidenciou o sério conflito, entretanto o cenário recente aponta para o agravamento/colapso da cidade. Isto se deve ao fato de que até recentemente a CSN era a principal mineradora local, entretanto com o aumento da demanda global de Aço as mineradoras estão abrindo novas frentes de lavra no município.



Os estudos mostram que a mineração periurbana em Congonhas vem ocupando áreas urbanizadas, turísticas e/ou de interesse social. A disputa, o avanço e a ocupação do solo pela mineração perturbam bairros há tempos consolidados e vem exercendo uma forte pressão na parte central da cidade. O surgimento de oficinas/instalações industriais, pilhas de produtos, depósitos de material estéril, barragens de rejeito, linha férrea e estradas vêm causando intensas alterações da qualidade socioambiental na cidade, no sistema viário, na qualidade do ar, dos recursos hídricos e na cultura local.

O município se sustenta da economia especializada e importa resgatar a história passada do município para lembrar que, com a escassez do “metal dourado” ao fim do Ciclo do Ouro, “*o Congonhense já experimentou um marasmo econômico*” e que na época a retomada da economia só aconteceu com a descoberta e exploração do ferro na região. Isto revela que “de minerador de Ouro o município apenas mudou para minerador de Ferro”. A mineração traz riquezas, é a principal empregadora local, é a fonte principal da economia local, mas, em contrapartida, à intensificação e expansão das atividades mineradoras geram problemas que degradam a saúde urbana do município, compromete a sustentabilidade da geração presente e não garante uma vida boa²⁴²⁵²⁶²⁷ para as gerações futuras.


✓ **Gestão territorial sustentável:** Falta transparência em relação aos projetos das mineradoras. A falta de clareza no/e/do jogo de interesses, a falta de publicidade da geologia local e a falta de informações sobre as perspectivas de expansão das minas deixam a administração municipal num limbo e com isto, a gestão pública oscila entre “*as dídivas da CEFEM e o Vácuo do desconhecimento do contexto futuro.*” Para gerir adequadamente todo o território a administração pública precisa de conhecer todo(s) o(s) plano(s) de lavra; conhecer todo(s) o(s) plano(s) de controle dos impactos ambientais na mineração; conhecer todo(s) o(s) plano(s) de Fechamento de Mina e frequentemente sentar com as mineradoras para atualizar as perspectivas de cada projeto. Só, e somente, desta forma é que o planejamento municipal poderá implementar uma *Gestão Sustentável* que envolva todo território, pois o desenvolvimento sustentável exige: *Crescimento econômico; Qualidade de vida e Justiça social.*

²⁴ Os direitos difusos, coletivos e individuais historicamente são resultados de conquistas sociais em atendimento a solução dos conflitos coletivos de ordem econômica, social e cultural.

²⁵ Para Aristóteles a virtude é a justa medida, o caminho do meio/a ética. Para atingir a felicidade a boa conduta humana é o caminho. Isto tem haver com a idéia de excelência do ser e a finalidade utilitarista das coisas no contexto divino: “O Sagrado e o Profano”.

²⁶ Eudaimonismo: Eudaimonia Felicidade.

²⁷ Telogismo: Telos Finalidade, o bem é o telos, o bem é a finalidade.



✓ **Sustentabilidade das gerações futuras:** A sustentabilidade está relacionada com a conservação e/ou manutenção dos vários cenários indispensáveis “a Vida e ao Viver” no agora e no longo prazo. O modelo de gestão territorial das últimas duas décadas em Congonhas desfavorece o desenvolvimento humano no município, compromete a rede urbana e coloca a cidade em rota colisão com as “*minas locais*”. O poder das empresas sobre as políticas públicas desfavorecem os interesses coletivos e “*A cidade de Congonhas tende a ser engolida pela indústria extrativa de minério de ferro local.*” É indispensável olhar para as possíveis ameaças aos pilares: do Sistema Ecológico, do Sistema Econômico e por fim do Sistema Social, pois a sustentabilidade vai para muito além das questões ecológicas e deve, (tem que), ser aplicada a todos recursos que envolve “o Viver e as Vivências”. Faz-se necessário definir uma política de sustentação econômica para o futuro, visto que os bens naturais são esgotáveis. É indispensável rever a política local e focar no incremento do nível de empregos, a elevação do nível de renda agregada e a diversificação da economia. Neste contexto, a política de aplicação dos recursos da CFEM no caixa único do município deve ser combatida. (ENRÍQUEZ, 2008).

✓ **Plano Diretor sustentável:** A mineração *de per si* não traz solução para os maiores desafios da administração pública, sendo urgente: I - A mudança de paradigmas, a especialização da economia e caixa único; II - A geração de empregos; III - A garantia e/ou a melhoria da renda; IV - Transformar as maldições da mineração em dádivas distribuídas com equidade e V - Enfrentar o desafio de atender a geração presente sem comprometer a capacidade das gerações futuras de satisfazerem as suas necessidades. Neste sentido, e considerando o contexto atual do município, o gestor municipal deve e precisa com rapidez definir uma política objetiva quanto: a) – Manutenção da estrutura urbana existente; ou, b) - Dar outro direcionamento para a rede urbana do município.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

A vida é efêmera. “Viver é muito perigoso”, (Rosa, 2006), mas viver em meio a tantos desencantos na cidade de Congonhas é uma aventura mais perigosa ainda. A vida em tempos de “mundo líquido” é como um rio, que flui sobre as irregularidades de um solo ondulado, agitado e cheio de turbulências solapando a base e desmoronando as margens: *Viver é muito perigoso*, porque ainda não se sabe bem viver uma “Boa Vida”. Aprender a viver com sapiência é que é o viver de fato, (Rosa, 2006).

A Cidade, enquanto lócus da criação do progresso, da invenção, da liberdade, sempre exerceu atração, fascínio, principalmente pela força de seu caráter simbólico. É lugar para o

*exercício da Felicidade. Lugar de Gente saudável e Feliz.*²⁸²⁹ “É um lugar onde se constrói sonhos e devaneios democráticos ... é um lugar privilegiado de encontros, espaços para ampliação de liberdades e lugar de onde se espera ter um ambiente feliz. (FERREIRA, 2012).

A mineração traz riquezas, é a principal empregadora e é a fonte basilar da economia municipal, entretanto continua na “especialização da economia do ciclo do ouro”, tendo mudado apenas da dependência do Ouro para a dependência do Minério de Ferro e por isto vale lembrar que: “O Congonhense já experimentou um marasmo econômico” no final da corrida do Ouro.

○ **O poder da mineração: Cidades que foram ou estão sendo movidas.**



Figura 29 – Esquerda - Mina de Ferro: Minnesota - Hibbing. Fonte: Hibbing, 1919-19221.

Figura 30 – Centro - Mina de Cobre: Chile - Chuquibambilla. Fonte: Tripadvisor, 2021.

Figura 31 – Direita - Mina de Ferro: Suécia - Kiruna. Fonte: Trentini, 2016.

○ **As maldições da mineração: Cidades destruídas recentemente em Minas Gerais.**



Figura 32 – Esquerda: Bento Rodrigues. Fonte: Lira, 2018.


Figura 33 – Esquerda: Brumadinho. Fonte: Senado, 2020.

Figura 34 – Direita: Brumadinho. Fonte: Sul, 2021.

A mineração traz riquezas, é a principal empregadora, é a fonte principal da economia de Congonhas, em contrapartida, à intensificação e expansão das atividades mineradoras gera problemas que degradam a saúde urbana e compromete o viver da população. A mancha da mineração, que se inicia no Pires e segue até Caetano Lopes, intensifica e intensificará ao ponto de colocar a cidade de Congonhas em colapso. A Geologia e a Econômica local impulsionam a expansão da mineração e consequente ocupação da rede urbana. “O modelo de gestão territorial praticado nas últimas duas décadas desfavorece o desenvolvimento humano no

²⁸Felicidade para os Estóicos: Pensamento em que, para o ser humano alcançar a verdadeira felicidade, deveria depender apenas de suas virtudes abdicando totalmente do vício considerado como um mal absoluto.

²⁹Texto do professor Clóvis de Barros Filho: Palestra na cidade de Poços de Caldas, MG, vídeo Felicidade ou Tristeza, você decide.



município, compromete o desenvolvimento do tecido urbano, coloca a Cidade em rota colisão com as “minas locais” e tudo sugere que “a cidade de Congonhas deve ser realocada.”

BIBLIOGRAFIA

ANM. **Agência Nacional de Mineração**. Disponível em: <<http://www.gov.br/anm/pt-br>>. Brasil: ANM. Acesso em: 05/08/2020.

ANDRADE, P. C. C. (2013). **Impacto integrado de empreendimentos minerometalúrgicos em Congonhas**. Dissertação de Mestrado. Universidade Federal de Ouro Preto. Ouro Preto, MG.

BRASIL, R. F. **Constituição Federal de 1988**. Brasília: DOU, 1988.

CANDREVA, A. (2018). **História**. Disponível em: <<https://www.congonhas.mg.leg.br/congonhas/historia>> Acesso em: 05/01/2021.

CODAP. **Alto Paraopeba, um dos maiores pólos de desenvolvimento do país**. Revista CODAP. 03/2010.

CORDEIRO, H. (2020). **Feam e Semad realizam vistoria em Congonhas para verificação da qualidade do ar**. Disponível em: <<http://www.meioambiente.mg.gov.br/noticias/4262-feam-e-semad-realizam-vistoria-em-congonhas-para-verificacao-da-qualidade-do-ar>> Acesso em: 22/12/20.

COSTA, D. T. (2017). **Jubileu do Senhor Bom Jesus de Matosinhos**. Disponível em: <<https://www.youtube.com/watch?v=ffgp5QXbudY>> Acesso em: 05/04/2021.

COSTA, D. T. **Santa Ceia**. Disponível em: <https://m.facebook.com/story.php?story_fbid=3071241869564644&id=100000366095436&sfnsn=wiwspwa> Acesso em 25 de fev de 2021.


CSN. **Estudos de “DAM BREAK” – Barragem Casa de Pedra – Alçamento EL.933,00**. Casa de Pedra: DAM – Projeto de Engenharia, 2014.

CSN **prorroga férias de trabalhadores da Usina Presidente Vargas**. Disponível em: <<https://folhadoacao.com.br/2020/04/30/csn-prorroga-ferias-coletivas-de-trabalhadores-da-usina-presidente-vargas/>> acesso em: 22/02/2021.

CSN **vai filtrar 100% dos rejeitos da barragem Casa de Pedra, em Minas Gerais**. (2020). Disponível em: <<https://www.noticiasdemineracao.com/empresas/news/1401007/csn-vai-filtrar-100-dos-rejeitos-da-barragem-casa-de-pedra-em-minas-gerais>> Acesso em: 24/02/2021.

Diniz, A. **CSN fará ampliação da Casa de Pedra com 2 unidades industriais**. Fonte: <<https://revistaminerios.com.br/csn-da-casa-de-pedra/>>. Acesso em 14/02/2021.

DOMTOTAL. **Barragem gigante é vistoriada após tremor de terra atingir Congonhas**. (2019). Belo Horizonte: Portal DomTotal. Disponível em: <<https://domtotal.com/noticia/1405266/2019/11/barragem-gigante-e-vistoriada-apos-tremor-de-terra-atingir-congonhas/>> Acesso em 16/02/2021.



ENDO, I. (2019). **Quadrilátero Ferrífero: avanços do conhecimento nos últimos 50 anos**/organizado por Paulo de Tarso Amorim Castro, Issamu Endo, Antonio Luciano Gandini. - Belo Horizonte: 3i Editora, 2020.

ENRÍQUEZ. M.A.R.S. **Mineração: Maldição ou Dádiva? Os dilemas do desenvolvimento sustentável a partir de uma base mineira**. 1. Ed. São Paulo: Dignus Editora, 2008.

ESTADO DE MINAS GERAIS, M. **Estrada Real**. Disponível em: <<https://mg.gov.br/conteudo/conheca-minas/turismo/estrada-real>> Acesso em: 15/02/2021.

FERREIRA, A. A. M. (2012). **A expansão da mineração no município de Congonhas (MG) e implicações socioambientais**. Ouro Preto: UFOP, 2012.

FERREIRA, A. A. M. (2021). “**A mineração periurbana na cidade de Congonhas: Dados psicométricos e o paradigma biopsicossocial**”, em desenvolvimento pelo o programa de doutoramento em Ecologia e Saúde Ambiental, Campus Porto/Amial, da Universidade Fernando Pessoa, na cidade do Porto em Portugal, Porto: UFP, 2021.

FERTECO. (2003). **Agenda Funcional**. Congonhas: Mina de Fábrica, 2003.

FILHO, S. S. P. (2009). **Parque da cachoeira**. Disponível em: https://m.facebook.com/story.php?story_fbid=2630649033695582&id=100002515327407&sfnsn=wiwspwa. Acesso em 01/02/2021.

FILHO, S. S. P. (2016). **Poluição do Córrego Santo Antonio**. Disponível em: <https://m.facebook.com/story.php?story_fbid=3082883698472111&id=100002515327407> Acesso em: 16/12/ 2020.

HELM, F. at. all. **The socio-environmental impacts of mining in Congonhas, Minas Gerais: a qualitative study in the districts of Plataforma and Pires**. La Habana, Cuba: XV EGAL, 2015.

HIBBING. (1919-1921). Hibbing Minnesota Gallery. Disponível em: <<https://www.lakesnwoods.com/hibbingHistory.html>>. Acesso em: 12/02/2021.

JEBER, A. at. all. **Meio Ambiente e Mineração**. Disponível em: <<http://recursomineralmg.codemge.com.br/meio-ambiente-e-mineracao/>> Acesso em: 05/04/2021.

KIRZNER, Vania. **Plano Diretor de Desenvolvimento Urbano. Estatuto da Cidade – Lei nº 10. 257/2001**. Revista Jus Navigandi, ISSN 1518-4862, Teresina, ano 8, n. 64, 1 de abr. 2003. Disponível em: <<https://jus.com.br/artigos/3899>>. Acesso em: 08/03/2021.

LEITE, Ravênia Márcia de Oliveira. (2009). **Responsabilidade e ambiente: Os princípios do poluidor pagador e da precaução**. Disponível em: <<https://www.conjur.com.br/2009-set-17/principios-poluidor-pagador-precaucao-direito-ambiental>> Acesso em 05/03/2021.

LIRA, S. (2018). **Licença para construção do novo Bento Rodrigues é concedida**. Disponível em: <<https://revistamineracao.com.br/2018/07/09/licenca-para-construcao-do-novo-bento-rodri-gues-e-concedida/>> Acesso em: 06/02/2021.

LOBATO, L. M. at. all. (2005). **Projeto Geologia do Quadrilátero Ferrífero – Integração e Correção Cartográfica em SIG com Nota Explicativa**. Belo Horizonte: CODEMIG, 2005.



LOPES, R. T. R. L. (2013). **Mineração e Desenvolvimento: uma análise da maldição dos recursos naturais para os estados brasileiros**. Araraquara: FCLAR da Universidade Estadual Júlio de Mesquita Filho – UNESP, SP, 2013.

MARIANA. (2016). **Ministério do Trabalho vê 23 irregularidades em unidade da Samarco**. <<https://gauchazh.clicrbs.com.br/geral/noticia/2016/04/ministerio-do-trabalho-ve-23-irregularidades-em-unidade-da-samarco-5787047.html>> Acesso em: 06/01/2021.

MARTINS, F. (2019). **Congonhas (MG) vive o medo de desaparecer sob barragem**. <<https://www.google.com/amp/s/noticias.r7.com/minas-gerais/congonhas-mg-vive-o-medo-de-desaparecer-sob-barragem-30012019%3famp>> Acesso em: 15/10/2020.

MINAS, C. (2019). **Congonhas: tragédia eleva tensão e reacende a discussão sobre barragem; “não haverá tolerância em relação à segurança”, salienta secretário; barragem é inspecionada**. Disponível em: <<https://www.correiodeminas.com.br/congonhas-tragedia-eleva-tensao-e-reacende-a-discussao-sobre-barragem-nao-havera-tolerancia-em-relacao-a-seguranca-salienta-secretario-barragem-e-inspecionada/>> Acesso em: 08/01/2021.

MENDES, B. (2020). **Congonhas (MG)**. Disponível em: <<https://www.viajali.com.br/congonhas-mg/>> Acesso em: 16/10/2020.

MONTEIRO, E. PEM - **Plano Estadual de Mineração: Diagnóstico do Setor Mineral de Minas Gerais**. Minas Gerais. Belo Horizonte: Governo de Minas Gerais, 2019.

MP recomenda retirada de moradores de área de barragem em Congonhas; portal denunciou riscos do local. Disponível em: <<https://interessedeminas.uai.com.br/2019/03/12/mp-recomenda-retirada-de-moradores-de-area-de-barragem-em-congonhas-portal-denunciou-riscos-do-local/>> Publicado em: 12/03/2019. Acesso em: 08/01/2021.

OLIVEIRA, J. (2019). **Veja como ficaria Congonhas (MG) em caso de rompimento das barragens locais**. Disponível em: <<https://www.correiobrasiliense.com.br/app/noticia/brasil/2019/02/11/interna-brasil,736670/veja-como-ficaria-congonhas-mg-em-caso-de-rompimento-das-barragens-l.shtm>> Acesso em: 15/10/2020.

PARREIRAS, M., et al. (2019). **O pesadelo voltou: moradores de Congonhas relatam medo após ordem de evacuação por barragem**. Disponível em: <https://www.google.com/amp/s/www.em.com.br/app/noticia/gerais/2019/03/13/interna_gerais,1037437/amp.html> Acesso em: 15/10/2020.

PEIXINHO, Manuel Messias; FERRARO, Suzani Andrade. **Direito ao Desenvolvimento como Direito Fundamental**. In: FOLMANN, Melissa; FERRARO, Suzani Andrade (Org.). Previdência nos 60 anos de Declaração de direitos Humanos e nos 20 da Constituição Brasileira. Curitiba: Juruá Editora, 2008.

PENNA, J. C. F., ADRIELY, P. (2019). **Em Congonhas, moradores viveram o carnaval da angústia e da revolta; em 8 segundos, lama da barragem pode chegar às suas casas**. Disponível em: <<https://interessedeminas.uai.com.br/2019/03/09/em-congonhas-moradores-viveram-o-carnaval-da-angustia-e-da-revolta%efbb%bf-em-8-segundos-lama-da-barragem-pode-chegar-as-suas-casas/>> Acesso em: 15/02/2021.

PMCO. **CEMIG – Planta semi-cadastral**. Congonhas: PMCO, 2004.



PMCO. **Plano Municipal de Segurança de Barragem – PMSB – Verão 1.8.** Congonhas: Diário Oficial Eletrônico, 2020.

PRATES, M. (2019). **Tragédia anunciada: Colapso em cidades mineradoras afetam toda a economia de Minas.** Disponível em: <<https://interessedeminas.uai.com.br/2019/03/29/tragedia-anunciada-colapso-em-cidades-mineradoras-afeta-toda-a-economia-de-minas/>> Acesso em: 05/04/2021.

REAL, E. **História.** Disponível em: <<https://www.institutoestradaeal.com.br/tema/historia>> Acesso em: 09/12/2020.

ROCHA, J. M. (2020). **Dinâmica territorial da cidade de Congonhas – MG: uma análise espacial do crescimento urbano e sua relação ao processo de mineração.** Ouro Preto: UFOP, 2021.

RODRIGUES, A. (2019). **Tensão cresce em Congonhas (MG), cidade com área urbana colada à barragem.** Disponível em: <<https://www.pagina3.com.br/brasil/2019/jan/30/3/tensao-cresce-em-congonhas-mg-cidade-com-area-urbana-colada-a-barragem>> Acesso em: 15/10/2020.

ROQUE, M. (2017). **Alterações do regime de escoamento das águas e péssimo manejo de solo frequentemente resultam em assoreamento do Parque da Cachoeira.** Disponível em: <https://m.facebook.com/story.php?story_fbid=2066906320069859&id=100002515327407&ref=bookmarks#> Acesso em: 08/04/2021.

ROSA, J. G. **Grande sertão: veredas.** Rio de Janeiro: Nova Fronteira, 2006.

SENADO. (2020). **Catástrofe de Mariana completa 5 anos e senadores cobram punições e reparações.** Disponível em: <<https://www12.senado.leg.br/noticias/materias/2020/11/05/catastrofe-de-mariana-completa-5-anos-e-senadores-cobram-punicoes-e-reparacoes>> Acesso em: 05/04/2021.

Setelagoas. (2019). **Informações do Governo.** <<https://setelagoas.com.br/noticias/minas/50924-brumadinho-nao-precisa-mais-de-doacoes-para-ajudar-atingidos-segundo-informacoes-do-governo>> Acesso em: 02/02/2021.

SUL, S. (2021). **Enquanto a Vale cresce, desastre de Brumadinho completa 2 anos sem acordo.** Disponível em: <<https://www.saidasuldf.com.br/enquanto-a-vale-cresce-desastre-de-brumadinho-completa-2-anos-sem-acordo/>> Acesso em: 20/02/2021.

TRENTINI, S. (2016). **Plano Sueco para mover uma cidade inteira de lugar.** Disponível em: <<https://www.thecityfixbrasil.org/2016/05/25/o-plano-sueco-para-mover-uma-cidade-inteira-de-lugar/>> Acesso em: 10/11/2020.

TRIPADVISOR. **Mina de Chuquicamata.** <https://www.tripadvisor.com.br/Attraction_Review-g644404-d4285228-Reviews-Mina_de_Chquicamata-Calama_Antofagasta_Region.html#photos;aggregationId=&albumid=101&filter=7> Acesso em: 13/02/2021.

UFOP. **Circuito do Ouro.** Ouro Preto: Centro de Artes e Convenções da UFOP. Disponível em: <<https://centrodeconvencoes.ufop.br/circuito-do-ouro>> Acesso em 08/03/2021.



WEBER. E. W. (2012). **The relocation of Hibbing, 1919-1921**. Disponível em: <<https://www.minnpost.com/mnopedia/2012/10/relocation-hibbing-1919-1921/>>. Acesso em: 12/02/2021.

WIKIPÉDIA. (2010). **Peça da Idade do Ferro**. Disponível em: <http://pt.m.wikipedia.org/wiki/idade_do_ferro> Acesso em: 11/02/2021.



CAPÍTULO 18

DETERMINAÇÃO DOS PARÂMETROS FÍSICO-QUÍMICOS DA ÁGUA DO ESTUÁRIO DO RIO COCÓ (FORTALEZA-CE) NO PÓS-PERÍODO CHUVOSO DE 2019

DOI: 10.47402/ed.ep.c202159518097

Ana Lúcia Eufrázio Romão, Doutoranda Em Ciência Naturais, Universidade Estadual do Ceará

Aristides Pavani Filho, Universidade Federal da Bahia, Salvador, Brazil,

Flávia Oliveira Monteiro da Silva Abreu, Doutora
Carlucio Roberto Alves


RESUMO

O rio Cocó nasce na Serra de Aratanha, município de Pacatuba, e seu estuário localiza-se na costa leste da capital. Devido à alta produtividade e o fluxo de maré, os estuários são as principais vias de transferência de água, sedimento, nutrientes e poluentes dos continentes para os oceanos. Apesar de sua importância, tanto para o ecossistema e as populações humanas, estes ambientes têm sido alvos de impactos antrópicos. Objetivou-se com esse trabalho determinar os parâmetros físico-químicos das águas do Estuário do Rio Cocó no pós-período chuvoso de 2019, a fim de estudar alterações nas condições ambientais destas regiões. Foram selecionados 04 pontos, compreendendo um percurso de 7,3 km. Foi realizada uma incursão à cada ponto entre os dias 22 e 25 de julho de 2019, sendo realizadas 09 coletas *in situ* de um conjunto de parâmetros físico-químicos, em intervalos de 20 minutos utilizando sonda multiparamétrica Aqual Troll 400. De acordo com as análises realizadas o estuário enquadra-se como manancial de classe 2. O potencial hidrogeniônico variou entre 6,00 a 7,04. A condutividade entre 710,41 a 2323,10 $\mu\text{S}/\text{cm}$. O teor de sólidos totais variou entre 0,446 a 1,461 g/L. Conclui-se que o pH, a condutividade e o teor de sólidos totais dissolvidos variaram em função da alteração do nível de maré e em função da distância do ponto de coleta à foz do rio e que a dinâmica do estuário atua como armadilha de poluentes.

PALAVRAS-CHAVE: Estuário; Rio Cocó; condutividade; pH; sólidos

INTRODUÇÃO

Com um curso de aproximadamente 45 km de extensão, o rio Cocó é o principal recurso hídrico da cidade de Fortaleza. Sua nascente está localizada na vertente oriental da Serra de Aratanha, município de Pacatuba, e seu estuário na costa leste da capital (BARBOSA *et al.*, 2012). A bacia do rio Cocó faz parte do sistema Cocó/Coaçu, drenando uma área de, aproximadamente, 517,2 km. No seu trecho final o estuário recebe seu principal afluente, o Rio Coaçu. Ainda nessa porção, o rio Cocó sofre a influência direta do regime de marés formando um estuário alongado e estreito composto por 210 ha de manguezais. Por ter suas regiões



fluvioestuarina e de manguezais completamente inseridas na região metropolitana da cidade de Fortaleza é caracterizado como rio urbanizado (DUAVÍ et al., 2015).


A área do estuário está totalmente inserida no Parque Ecológico do Cocó. O parque foi criado pelo Governo Estadual através do decreto de nº 22.253, de 05 de setembro de 1989, tendo sido ampliado a partir do decreto nº 22.587, de 08 de junho de 1993. A área total do parque abrange 1.155,2 hectares e seus limites correspondem ao trecho nas proximidades da BR-116 à foz do Rio Cocó (FREIRES et al., 2014).

Regiões de estuários são importantes nichos ecológicos pois é composta por rica diversidade de espécies animais (principalmente peixes, cerca de 99% das espécies neotônicas) e são utilizadas como áreas de berçário, reprodução, alimentação, crescimento e abrigo para diversas espécies de animais marinhos. A composição, abundância e diversidade da ictiofauna é diretamente influenciada por fenômenos naturais que ocorrem na região e no entorno do complexo estuarino, bem como, pelas ações antrópicas que concorram para alteração do equilíbrio do complexo (BASILIO; GODINHO, 2008).

Devido alta produtividade e o fluxo de maré os estuários são as principais vias de transferência de água, sedimento, nutrientes e poluentes dos continentes para os oceanos (COUCEIRO; SCHETTINI, 2010). Esses ambientes são os grandes responsáveis pela fertilização das águas costeiras ou funcionam como verdadeiras estações depuradoras naturais de esgotos antes do seu lançamento ao mar, evitando ou retardando a poluição marinha. Além disso, a presença de produtores primários e de diversas populações de seres vivos, muitos dos quais de alto valor econômico, confere à essas regiões elevada importância não somente econômica mas, principalmente ecológica (GREGO *et al.*, 2017)

A elevada produtividade desses nichos é responsável pela subsistência de parte das populações ribeirinhas. Apesar da sua importância, tanto para o ecossistema e as populações humanas, estes ambientes têm sido alvos de inúmeros impactos antrópicos, principalmente, através do despejo de efluentes domésticos e industriais. Esse fenômeno tem alterando, sobretudo, as condições ambientais destas regiões (SANTOS, BEZERRA-JUNIOR, COSTA, 2009).

As descargas fluviais têm importante influência na circulação hidrodinâmica dos estuários. É através da interação entre os regimes de chuva, a hidrodinâmica desses ambientes e a componente marinha que se estabelecem condições para o enriquecimento biológico desses nichos (MOLISANI, CRUZ, MAIA, 2006).



Objetiva-se com o (esse) trabalho determinar os parâmetros físico-químicos das águas do Estuário do Rio Cocó no pós-período chuvoso de 2019

METODOLOGIA

Os pontos para amostragem foram determinados considerando a área que sofre influência direta do regime de maré e determinado através geoprocessamento. A Tabela 1 apresenta a localização, a data e os horários de coleta dos pontos do Rio Cocó:

Tabela 7. Pontos de coleta conforme coordenada geográficas

Ponto de Coleta	Ponto	Latitude	Longitude	Data	Hora de início
Ponte Av. Santana Junior	P1	3°45'8.43"S	38°29'26.52"O	23/07/19	11:30
Ponte Av. Sebastião de Abreu	P2	3°45'14.75"S	38°28'58.59"O	22/07/19	09:40
Condomínio	P3	3°45'58.32"S	38°27'55.19"O	25/07/19	10:00
Comunidade	P4	3°46'13.00"S	38°26'57.00"O	24/07/19	10:40

* Fonte: Próprio autor

Foram selecionados 04 pontos ao longo do estuário do Rio Cocó, compreendendo um percurso de 7,3 km compreendido entre a Sabiaguaba à ponte da Eng. Santana Júnior. A distribuição geográfica dos pontos de coleta pode ser visualizada na imagem de satélite que consta na Figura 1. Foi realizada uma incursão à cada ponto, uma por dia entre os dias 22 a 25 de julho de 2019 e 01 de agosto de 2019. No decorrer de cada visita foram realizadas 09 coletas de um conjunto de parâmetros físico-químicos, medidos em intervalos de 20 minutos. A determinação dos parâmetros foi realizada durante períodos do ciclo de maré conforme figuras

Figura 35- Mapa dos pontos de coleta. P1- Ponte Eng. Sant. Jr, P2- Ponte Sebastião de Abreu.



* Fonte: imagem de satélite.

Conforme é possível observar, a partir da Figura 2, a determinação dos parâmetros foi realizada durante os períodos de vazante e cheia. Foram determinados: temperatura da água, condutividade elétrica, resistividade densidade, sólidos totais dissolvidos e salinidade. A determinação dos parâmetros físico-químicos em todos os pontos foi realizada in situ através da utilização de Sonda multiparamétrica Aqual Troll 400. A incursão ao rio foi realizada a bordo do barco robótico Iracema, conforme Figura 3.

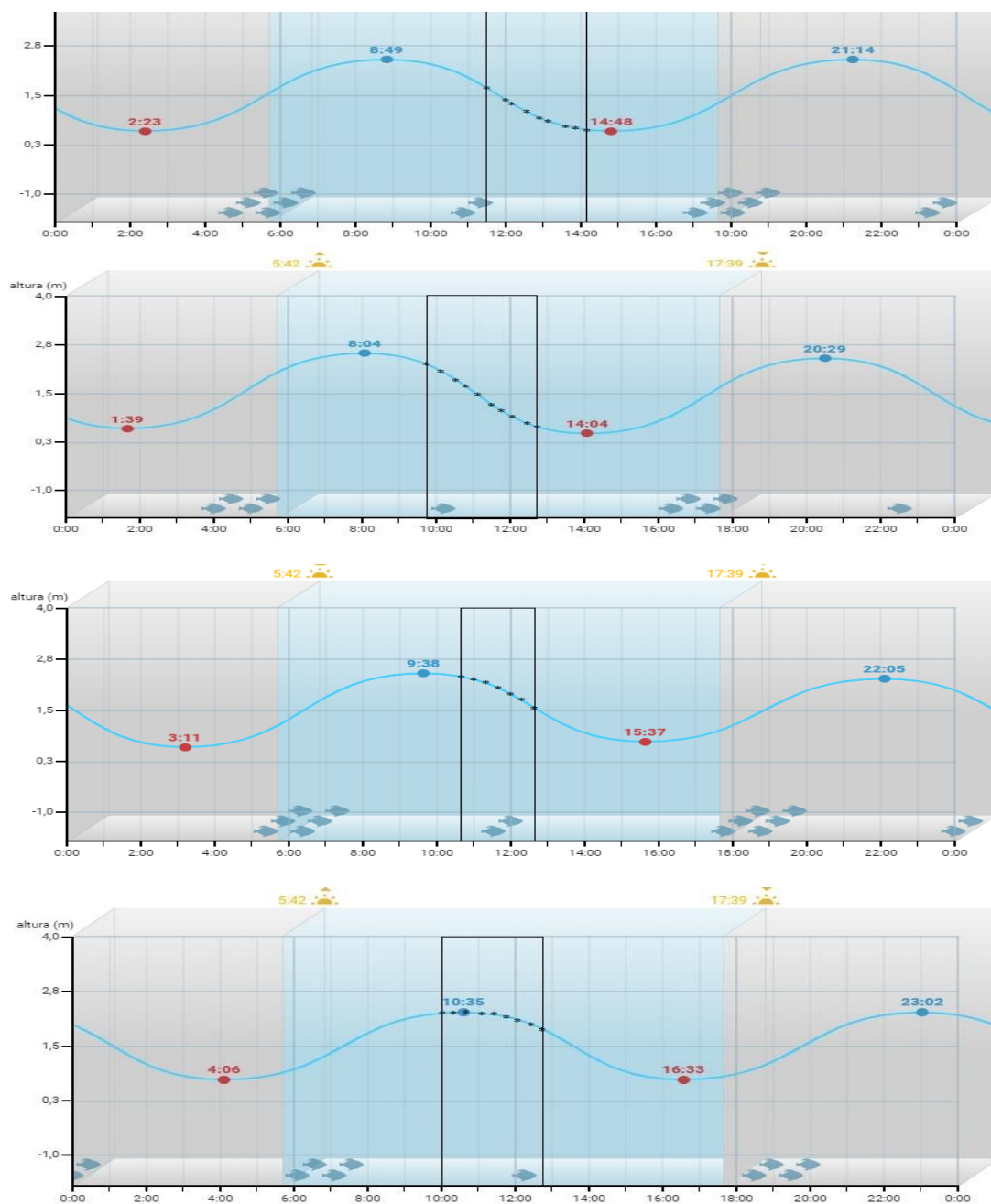
Figura 36- Registro da saída dos pesquisadores para os pontos de coleta




* Fonte: site da Universidade Estadual do Ceará



Figura 37:- Marcação das coletas conforme tábua de maré.
*fonte: Fonte: adaptada de <https://tabuademares.com/br/ceara/fortaleza>



A sistematização dos dados obtidos foi realizada a partir da estatística descritiva, tabulando as medianas e os desvios padrão. O tratamento estatístico para a comparação dos dados foi realizado pelo teste de Análise da Variância (ANOVA). Primeiramente, realizou-se para cada parâmetro físico-químico análise ANOVA de 1 fator a vários níveis, a fim de verificar a influência da localização dos pontos nos parâmetros físico-químicos usando-se os dados coletados sob maré mediana. Para um estudo comparativo em função da localização do ponto e da altura da maré, realizou-se uma análise estatística ANOVA de dois fatores em dois níveis.



Os principais parâmetros utilizados para discutir a qualidade da água do estuário do Rio cocó foram pH, condutividade elétrica e sólidos totais dissolvidos.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

A região do estuário está localizada entre os paralelos 3° 35' e 3° 47' de latitude Sul e os meridianos 38°26' e 38°30' de longitude Oeste, se estende desde a desembocadura do Rio, situada no bairro Caça e Pesca, indo até a ponte da BR-116, no bairro Aerolândia, alcançando uma área aproximada de 13 km (FREIRES *et al.*, 2016).

Os usos ou a qualidade das águas de estuários, bem como, de qualquer outro recurso hídricos são regulamentados através de legislação específica. A Resolução CONAMA nº357, de 17 de março de 2005 e suas modificações nas resoluções 410 de 2009 e 430 de 2011, dispõem sobre a classificação dos corpos de água e as diretrizes ambientais para o seu enquadramento, bem como estabelece as condições e padrões de lançamento de efluentes. A finalidade dessa legislação é realizar a ordenação da exploração dos corpos hídricos visando a manutenção da qualidade dos corpos hídricos, considerando as necessidades sociais e econômicas dos usuários. Além desta, outra legislação importante é a Resolução CONAMA nº 274 de 29 de novembro de 2000, que determina os parâmetros e indicadores biológicos que asseguram as condições de balneabilidade dos ecossistemas aquáticos.

CONDUTIVIDADE ELÉTRICA

Segundo Piratoba (2017) um dos parâmetros que sofre alteração de acordo com a qualidade da água é a condutividade elétrica. Esse importante parâmetro pode revelar modificações na composição dos corpos d'água sem, contudo, determinar quantidades e componentes. A condutividade da água está, estatisticamente, correlacionada com a concentração de íons e de diversos elementos, já nas regiões tropicais, está relacionada com a periodicidade de precipitações, bem como, com as características geoquímicas da região.

A zona costeira do estado do Ceará está inserida no segmento IV da divisão do litoral brasileiro. Nessa região temperatura se mantém constante ao longo do ano, girando sempre em torno dos 28°C. Nesse perímetro ocorrem apenas duas estações sazonais bem definidas, a chuvosa e a seca, onde a pluviosidade média anual é de cerca de 1600 mm. Como consequência da baixa pluviosidade há a ocorrência de acúmulo de sal na zona costeira (MAIA; RODRIGUES; ROCHA-BARREIRA, 2011)

Esse ano (2019), de acordo com balanço da Fundação Cearense de Meteorologia e Recursos Hídricos (FUNCEME), as precipitações da estação chuvosa foram caracterizadas como as melhores dos últimos sete anos e a terceira melhor já registrada no Estado do Ceará nos últimos 20 anos. De acordo com o órgão, choveu 676,3 milímetros entre os meses de fevereiro e maio, 12,6% acima do esperado. A média histórica da quadra chuvosa é 600,7 milímetros (FUNCEME, 2019). Certamente, a estação chuvosa influenciou nos parâmetros físico-químicos determinados.

Os valores registrados para a condutividade variaram em razão do ponto de coleta e em função da variação do volume de água entrando e saindo do estuário. Os máximos (10a) e mínimos (1a) de altura maré, bem como os mínimos e máximos de condutividade estão descritos na Tabela 4.

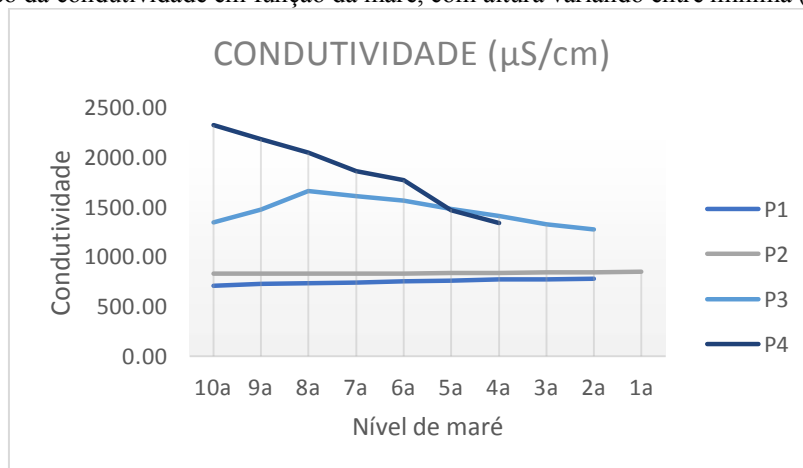
Tabela 2. Valores de condutividade em função da maré, com altura variando entre máxima (10a) à mínima(1a)
CONDUTIVIDADE ($\mu\text{S}/\text{cm}$)

Ponto	Nível mínimo	Condutividade	Nível máximo	Condutividade
P1	0,68	778,17	1,75	710,41
P2	0,7	848,58	2,33	829,39
P3	1,9	1273,81	2,28	1346,90
P4	1,6	1340,42	2,35	2323,10


* Fonte: Própria autora

O gráfico da Figura 4 permite inferir que a condutividade apresenta comportamentos diferentes entre os pontos avaliados e ocorre alterações consideráveis em determinados pontos conforme vai ocorrendo a variação no nível da maré.

Figura 38- Gráfico da condutividade em função da maré, com altura variando entre mínima (10a) e máxima (1a)



* Altura da maré diminui de 10a para 1a conforme ordem de coleta.



As linhas referentes as medidas de P1 e P2 evidenciam que a condutividade nesses dois pontos varia de forma pouco expressiva, esse fenômeno deve estar relacionado a pouca influência do volume de água do mar que chega até os pontos citados ou em função da pouca variação dos íons (poluentes) despejados ou que chegam na área. Contudo, em P3 (condição em que os registros de medidas ocorreram no cume da maré) é possível verificar uma tendência de variação significativa nas medidas de condutividade. Em P4 é possível constatar que a variação da condutividade ocorre de maneira expressiva. As variações ocorridas em P3 e P4 parece indicar que a maré tem influência na concentração dos íons em solução, aumentando conforme a maré sobe e diminuindo com a descida da maré.

ANÁLISE DE pH

Dentre os parâmetros utilizados para indicar a qualidade de um corpo hídrico está o pH. De acordo com Vanzela, Hernandez e Franccom (2010) vários são os fatores que podem concorrer para a alteração do pH de um corpo hídrico. A redução do pH pode estar relacionada, por exemplo, com a presença áreas agricultadas, matas degradadas, moradias no entorno do corpo hídrico, em função do maior escoamento superficial provocado por carreamento de sólidos ou em decorrência do processo de oxidação do excesso de matéria orgânica pelos microrganismos aeróbicos com conseqüente liberação de gás carbônico na água. Conforme Silva e colaboradores (2009), as alterações de pH nos corpos hídricos também podem ser provocados pela presença de água da chuva. O aumento no volume de água dos rios pode fazer com que a acidez da água diminua provocando a elevação do pH e fazendo com que ele se aproxime da neutralidade em função da maior diluição dos compostos dissolvidos e escoamento mais rápido.

Nos pontos de coletas, o pH do estuário variou de levemente ácido a neutro. A partir da análise de cada ponto individualmente é possível perceber que as alterações do pH, conforme ocorria a descida da maré, também foram sutis. Na Tabela 2 estão descritos as alturas mínimas e máximas de maré e os respectivos valores de pH registrados em função destas variações.

Tabela 3. Valores de pH em função da maré, com altura de coleta variando entre mínima (10a) e máxima (1a).

POTENCIAL HIDROGENIÔNICO (pH)				
Ponto	Nível mínimo	pH	Nível máximo	pH
P1	0,68	6,31	1,75	6,00
P2	0,7	7,05	2,33	7,04
P3	1,9	6,70	2,28	6,37

P4

1,6

6,57

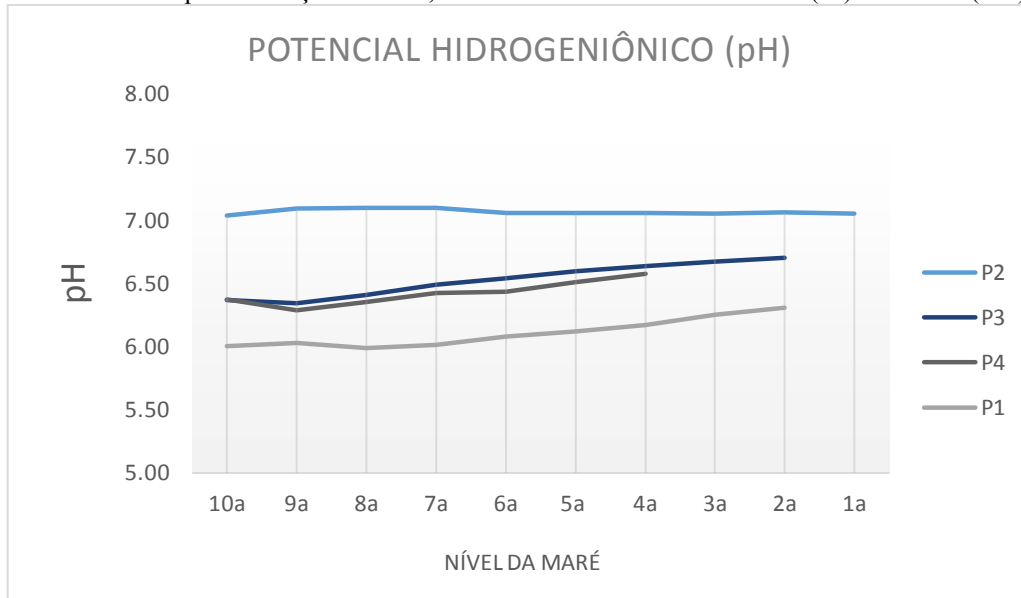
2,35

6,37

* Fonte: Própria Autora

No gráfico da Figura 5 é possível observar as variações de pH ocorridas em cada ponto conforme ocorria alteração da altura da coluna de água no decorrer do tempo de coleta de dados.

Figura 39- Gráfico do pH em função da maré, com altura variando entre mínima (1a) à máxima (10a)



* Altura da maré diminui de 10a para 1a conforme ordem de coleta.

Fonte: Própria autora

A partir do gráfico é possível observar uma tendência de aumento do pH em função da diminuição do nível da maré. Este fenômeno pode estar associado à variação da concentração de matéria orgânica, em razão da variação progressiva do volume d'água entrando no estuário, ou ser decorrente do despejo de efluentes nas áreas avaliadas. Contudo, em P2, é interessante notar que há elevação no pH seguido da sua diminuição desses valores nos horários de coletas compreendidos entre 9:45 e 11:05. Este fenômeno pode estar associado à entrada de água com pH mais alcalino na área citada. No ponto descrito há um córrego ativo que traz para o rio águas de galerias fluviais.

SÓLIDOS DISSOLVIDOS

O total de sólidos dissolvidos é um parâmetro que indica a presença de sólidos na água. Os sólidos dissolvidos, constituídos por partículas de diâmetro inferior a 10^{-3} μm e que permanecem na água mesmo após filtração, podem ocorrer de forma natural ou sua origem ser antropogênica. Nos ecossistemas aquáticos lóticos, a concentração de sólidos está fortemente associada as impurezas encontradas no curso da água. As fontes naturais dessas partículas decorrem de processos erosivos ou presença de organismos e detritos orgânicos. As causas

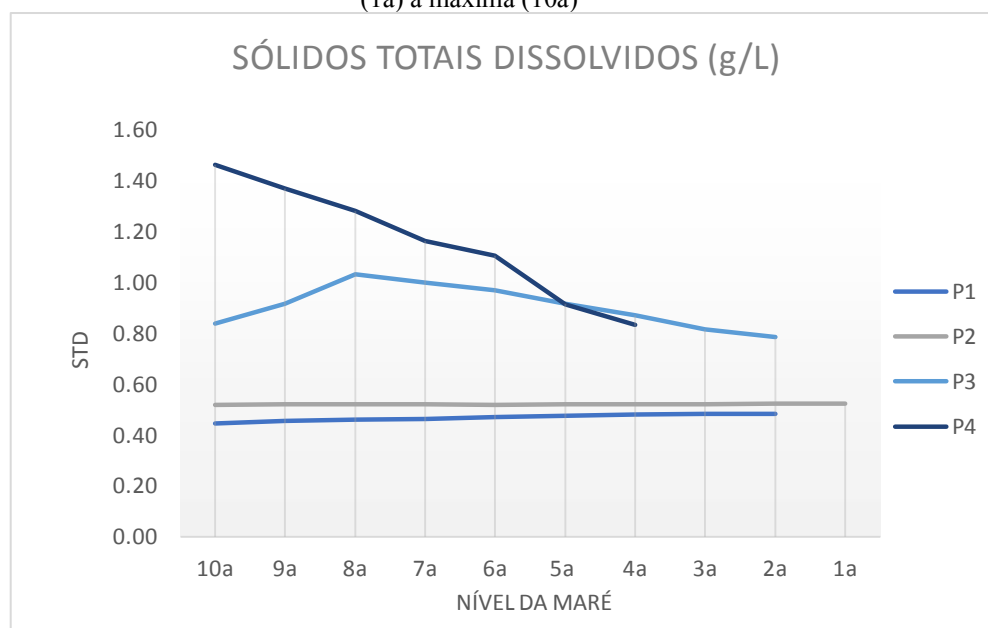
antropogênicas envolvem descarte de lixo e lançamento de esgotos (SARDINHA *et al.*, 2008; BRASIL, 2014).

Tabela 4- Gráfico do teor de sólidos totais em função da maré, com altura variando entre mínima (1a) à máxima (10a)

SÓLIDOS TOTAIS DOS 4 PONTOS EM FUÇÃO DA MARÉ (g/L)				
Ponto	Nível mínimo	STD	Nível máximo	STD
P1	0,68	0,480	1,75	0,446
P2	0,7	0,523	2,33	0,519
P3	1,9	0,782	2,28	0,837
P4	1,6	0,832	2,35	1,461

* Fonte: Própria autora

Figure 6- Gráfico do teor de sólidos totais dissolvidos em função da maré, com altura variando entre mínima (1a) à máxima (10a)



* Fonte: própria autora

Interessante notar que as medidas de sólidos totais dissolvidos não alteram em função da maré em P1 e P2. Em ambas situações o aumento da maré provoca uma discreta diminuição nas concentrações das partículas dissolvidas. Contudo, em P3 e P4 ocorre a inversão dessa pequena tendência. Nestes dois pontos a concentração de sólidos dissolvidos diminuem de forma expressiva conforme ocorre a redução do volume água nos pontos avaliados. Esse fenômeno pode estar associado a maior entrada de sais, em função da entrada da maré na região.

COMPARAÇÃO ENTRE OS PONTOS AVALIADOS

Ao longo do trecho avaliado a temperatura das águas do estuário girou em torno de 27,31 °C. A média encontrada está de acordo com dados da literatura. Schttine, Valle-Levison e Truccolo (2017), avaliando a temperatura do rio durante uma semana do mês de novembro determinou que a temperatura do estuário varia entre de 29 e 30,7 °C.

A salinidade no trecho variou em função da distância entre ponto e a foz do rio. Os valores mais baixos foram registrados em P1 (0,3361 PSU), ponto mais afastado e os valores mais elevados foram registrados em P4 (0,859 PSU), ponto mais próximo da foz. Os valores encontrados para P1 e P2 estão em conformidade com dados registrados por Silva e colaboradores (2014). Os autores encontraram valores de salinidade que variaram de 0,0 a 0,4 PSU em pontos equivalente a P1 e P4.

Tabela 8- Média dos parâmetros físico-químicos avaliados nos 4 pontos

<i>VALORES MÉDIOS OBTIDO PARA CADA PONTO</i>				
<i>Parâmetro</i>	<i>P1</i>	<i>P2</i>	<i>P3</i>	<i>P4</i>
Condutividade ($\mu\text{S}/\text{cm}$)	754,00	834,14	1475,17	1861,93
Sólidos (g/L)	0,4719	0,5205	0,904	1,160
pH(pH)	6,0805	7,0586	6,539	6,422
Salinidade (PSU)	0,3361	0,377	0,664	0,859
Resistividade (ohm-cm)	1326,28	1196,85	677,92	537,16
Densidade (g/cm ³)	0,996	0,996	0,996	0,997
Temperatura (°C)	27,13	27,37	27,61	27,12

* Fonte: Própria autora

Os corpos hídricos ou mananciais são enquadrados em classes em função dos usos a que se destinam respeitando-se os requisitos estabelecidos. De acordo a Resolução nº 20 de 18 de junho de 1986 do Conselho Nacional do Meio Ambiente as águas são distribuídas em 9 classes: 05 delas enquadradas como águas doces (com salinidade igual ou inferior a 0,5 %); 02 classificadas como águas salobras (salinidade entre 0,5 e 30%) e as outras 02 na categoria de águas salinas (salinidade igual ou superior a 30 %). De acordo com as análises realizadas o estuário enquadra-se como manancial de classe 2.

COMPARAÇÃO ESTATÍSTICA ENTRE OS PONTOS AVALIADOS

Os parâmetros de condutividade elétrica, pH e sólidos totais dissolvidos variaram ao longo dos pontos. Os resultados médios para os parâmetros físico-químico analisados para os 04 pontos de coleta estão sumarizados na tabela 2.

O gráfico da Figura 7, bem como, os dados da Tabela 6 revelam a diferença registrada entre as médias em relação a condutividade registrada para os pontos avaliados.

Tabela 9- Tabela das médias referentes aos resultados tratados estatisticamente pelo método ANOVA
MÉDIAS DOS PARÂMETROS MEDIDOS E DISCUTIDOS

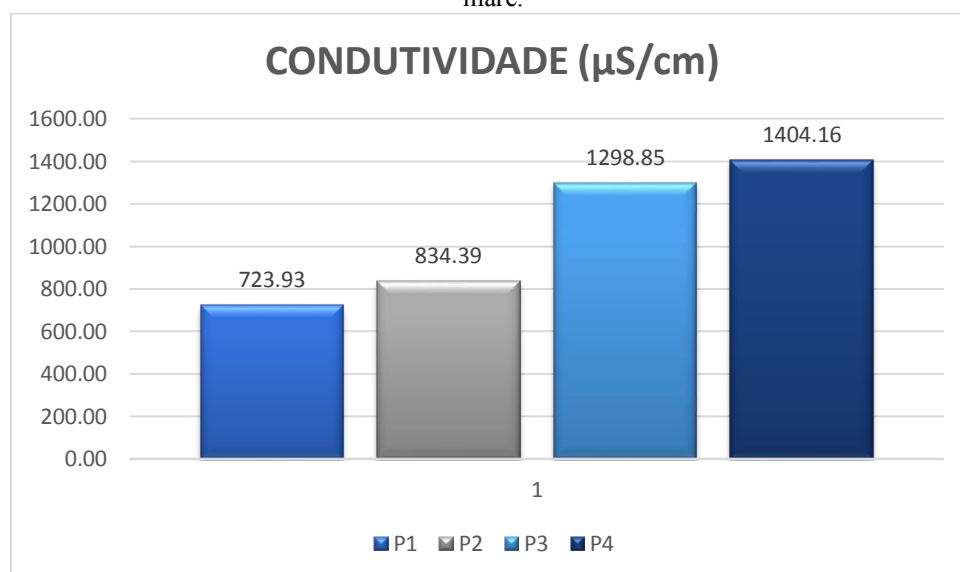
Pontos	Condutividade($\mu\text{S/cm}$)	Sólidos (g/L)	pH(pH)
P1/SANTANA	723,93 \pm 12,46 ^a	0,4623 \pm 0,0169 ^a	6,01 \pm 0,02 ^a
P2/SEBASTIÃO	834,39 \pm 1,74 ^b	0,5203 \pm 0,0009 ^b	7,07 \pm 0,02 ^b
P3/CODOMÍNIO	1298,85 \pm 35,42 ^c	0,8000 \pm 0,2227 ^c	6,69 \pm 0,02 ^b
P4/COMUNIDADE	1404,16 \pm 90,14 ^d	0,8734 \pm 0,0579 ^d	6,54 \pm 0,04 ^c

* OBS: letras iguais indicam que há equivalência estatística entre os valores para cada propriedade medida

No perímetro estudado, as análises estatísticas permitiram concluir que as médias de condutividade registrada entre os pontos avaliados são diferentes entre si. Conforme é possível observar, as maiores médias para condutividade entre os 04 pontos foram registrados para P3 (1298,85 $\mu\text{S/cm}$) e P4 (1404,16 $\mu\text{S/cm}$). Também é possível concluir que a condutividade aumenta conforme a distância entre o ponto avaliado e a foz do rio diminuem, a mínima de 723,93 $\mu\text{S/cm}$ (registrada em P1) e a máxima de 1404,16 $\mu\text{S/cm}$ (registrada em P4). Este fenômeno pode estar associado tanto ao aumento da salinidade no trecho, em decorrência da influência da maré, como em razão da maior concentração particulados ou de íons em solução ou, até mesmo, em decorrência de ambos. Silva (2013), registrou, no período compreendido entre julho de 2012 a janeiro de 2013, uma média de 1098 e 1176 $\mu\text{S/cm}$ nos pontos equivalentes a P1 e P2 respectivamente. Portanto, os valores registrados estão em consonância com os encontrados na literatura.

A resistividade da água é uma grandeza que está relacionada com a condutividade numa razão inversa, quanto maior a condutividade menor a resistividade. Os valores encontrados para esse parâmetro variaram na mesma proporção da variação da condutividade, como era de se esperar.

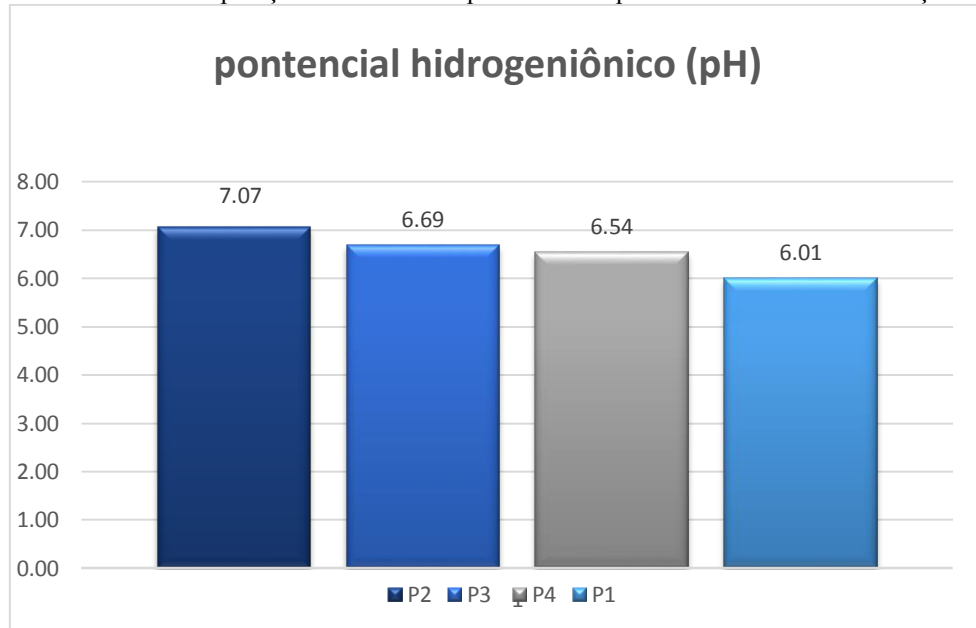
Figura 7- Gráfico de comparação das médias da condutividade entre os 4 pontos sob as mesmas condições de maré.



As alterações nos registros de pH em 3 pontos ocorreram em função da distância entre o ponto de coleta e a foz do rio. Conforme é possível observar no gráfico da Figura 8, o potencial hidrogeniônico (pH) apresenta uma tendência a diminuir conforme os pontos se aproximam da foz do rio. Contudo, em P1 (ponte da Engenheiro Santana Júnior) foi registrado a maior acidez (pH = 6,01). Era esperado que nesse ponto o pH se mantivesse bem próximo de 7 tanto pelo distanciamento da foz quanto pela proximidade de P2, ponto onde o pH se apresenta neutro (7,07). Esse evento pode estar relacionado ao descarte de efluente no local. Durante a coleta de dados a presença de rede de esgoto realizando despejo no local foi relatada por trabalhadores da região. Silva e colaboradores (2014) registraram nos pontos equivalentes a P1 e P2 médias de pH girando em torno e 7,52 e 7,4 respectivamente.

Para o estuário, o potencial hidrogeniônico registrado na região (variando entre $6,01 \pm 0,02$ a $7,07 \pm 0,02$), está de acordo com a Resolução do CONAMA nº 357 (CONAMA, 2005), que determina variações de pH entre 6,0 e 9,0 para mananciais classe 2.

Figura 8- Gráfico de comparação das médias de pH entre os 4 pontos sob as mesmas condições de maré



* Fonte: própria autora

As médias das concentrações de sólidos totais dissolvidos (mínima de 0,4623 e 0,8734 g/L) na água aumenta à medida que o ponto avaliado se aproxima da foz do rio, ver gráfico da Figura 9. O comportamento observado está de acordo com o esperado para o estuário já que conforme os pontos se aproximam da foz ocorre o aumento da salinidade na água em decorrência do aumento progressivo da água do mar entrando nas zonas estudadas. Além da presença dos particulados oriundos da água salina deve ocorrer a concentração de contaminantes carregados ou lançados no estuário do rio. De acordo com Freitas, Menezes e Schettini (2015) o estuário é dominado pelo transporte de difusão turbulento e se comporta importando sedimentos suspensos durante as marés o que sugere alta capacidade de captura de poluentes.

Figura 9- Gráfico de comparação entre os 4 pontos das médias das concentrações de sólidos totais sob as mesmas condições de maré.



* Fonte: própria autora



CONSIDERAÇÕES FINAIS

A partir do estudo realizado foi possível verificar que o pH, a condutividade e o teor de sólidos totais dissolvidos variaram em função da alteração do nível de maré e variaram em função da distância do ponto de coleta e a foz do rio. As médias dos pH da região estão dentro dos parâmetros estabelecidos na resolução CONAMA. As médias da condutividade registrada para a maioria dos pontos não sofreram alterações em relação a dados registrados em Silva (2013) entre os anos de 2012 e 2013. Os dados encontrados para condutividade e sólidos totais dissolvidos permitem corroborar com Freitas, Menezes e Schettini (2015) que afirma que a dinâmica do estuário atua como armadilha de poluentes.

AGRADECIMENTOS

Secretaria da Ciência, Tecnologia e Educação Superior (SECITECE), Centro de Tecnologia da Informação Renato Archer (CTI-NE), Instituto de Tecnologia da Informação e Comunicação (ITIC)

Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES)

Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPQ)

Financiadora de Estudos e Projetos (*FINEP*)

REFERÊNCIAS

BASILIO, T.; GODINHO, W. Ictiofauna do estuário do rio Curu, Ceará, Brasil. **wp2.oktiva.com.br**, v. 42, n. 2, p. 81–88, 2008.


BRASIL, M. DA S. Manual de controle da qualidade da água para técnicos que trabalham em ETAS. **Fundação Nacional de Saúde- FUNASA**, v. 1 ed., p. 112, 2014.

CHAVES BARBOSA, B. et al. Avaliação Da Qualidade Da Água De Um Trecho Do Rio Cocó Sob Possível Influência Do Lixão Desativado Do Jangurussu Fortaleza/Ce. **Conex. Ci. e Tecnol**, n. 3, p. 26–40, 2012.

CONAMA. Resolução n 357, 18 de março de 2005. **Diário Oficial**, 2005.

COUCEIRO, M. A. A.; SCHETTINI, C. A. F. Estudo da dinamica dos sedimentos em suspensao do estuario do rio rarangua (sc): Possiveis efeitos da drenagem acida da atividade de mineracao de carvao. **Geociencias**, v. 29, n. 2, p. 251–266, 2010.

DUAVÍ, W. C. et al. Contamination of Aquatic Environments By “Urban Pesticides”: the Case of Cocó and Ceará Rivers, Fortaleza - Ceará, Brazil. **Química Nova**, v. 38, n. 5, p. 622–630, 2015.



FREIRES, E. et al. Análise socioambiental do entorno do estuário do Rio Cocó – Fortaleza / Ceará. **Revista Eletrônica em Gestão, Educação e Tecnologia Ambiental - REGET**, v. 18, n. 4, p. 1487–1511, 2014.

FREIRES, E. V. et al. Indicadores de impacto da urbanização no leito do Estuário do Rio Cocó –Fortaleza / Ceará. **Revista Okara**, v. 10, n. 03, p. 650–668, 2016.

FREITAS, P. P. DE; MENEZES, M. O. B.; SCHETTINI, C. A. F. Hydrodynamics and Suspended Particulate Matter Transport in a Shallow and Highly Urbanized Estuary : v. 33, p. 579–590, 2015.

GREGO, C. K. DA S. et al. Distribuição espacial e sazonal da clorofila a fitoplanctônica e hidrologia do estuário do rio timbó (PAULISTA – PE). **Tropical Oceanography**, v. 32, n. 2, p. 181–199, 2017.

MAIA, R. C.; RODRIGUES, A. B.; ROCHA-BARREIRA, C. A. Distrib. espaço-temp. de *Melampus coffeus* (MOLLUSCA: GASTROPODA) EM MANG. EST. DA RMF, CEARÁ, BRASIL. **Conex. Ci. e Tecnol.**, v. 5, n. 3, p. 28–35, 2011.

MOLISANI, MAURICIO MUSSI, CRUZ, ANDRÉ LUIZ VIANA, MAIA, L. P. Estimativa da descarga fluvial para os estuários do estado do ceará , brasil Estimation of the freshwater river discharge to estuaries in. **Arquivos de Ciências do Mar**, v. 39, p. 53–60, 2006.

PIRATOBA, A. R. A; RIBEIRO, H. M. C.; ORALES, G.; PIRATOBA M, G. W. Caracterização de parâmetros de qualidade da água na área portuária de Barcarena, PA, Brasil. **Revista Ambiente e Agua**, v. 12, n. 3, p. 435–456, 2017.

SANTOS, T. G.; BEZERRA-JUNIOR, J. L.; COSTA, K. M. P., NASCIMENTO, F. F. A. dinâmica da biomassa fitoplanctônica e variáveis ambientais em um estuário tropical (Bacia do Pina, Recife, PE). **Rev. Bras. Enga. Pesca**, v. 4, n. 1, p. 95–109, 2009.

SARDINHA, D. DE S. et al. Avaliação da qualidade da água e autodepuração do ribeirão do meio, Leme (SP). **Engenharia Sanitaria e Ambiental**, v. 13, n. 3, p. 329–338, 2008.

SCHETTINI, C. A. F.; VALLE-LEVINSON, A.; TRUCCOLO, E. C. Circulation and transport in short, low-inflow estuaries under anthropogenic stresses. **Regional Studies in Marine Science**, v. 10, p. 52–64, 2017.

SILVA, A. E. P. et al. Influência da precipitação na qualidade da água do Rio Purus. **Acta Amazonica**, v. 38, n. 4, p. 733–742, 2009.

SILVA, C. M. et al. Population dynamics and antimicrobial susceptibility of *Aeromonas* spp. along a salinity gradient in an urban estuary in Northeastern Brazil. **Marine Pollution Bulletin**, v. 89, n. 1–2, p. 96–101, 2014.

SILVA, J. A poluição no rio Cocó, sub-bacia B-2, margem direita, e a expansão urbana de Fortaleza-CE. **Aleph**, p. 01–155, 2013.

VANZELA, L. T.; FERNANDO B. T. HERNANDEZ, R. A. F. Influência do uso e ocupação do solo nos recursos hídricos do Córrego Três Barras, Marinópolis. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v. 14, n. 1, p. 55–64, 2010.



CAPÍTULO 19

CINÉTICA DE SECAGEM DO JILÓ EM FORNO MICRO-ONDAS

DOI: 10.47402/ed.ep.c202158919097

Jéssica Raiane Barbosa da Silva, Graduanda em Engenharia Química, UFCG
Danilo Lima Dantas, Doutorando em Química, UFRPE
Ana Paula Moisés de Sousa, Doutora em Engenharia Agrícola, UFCG
Antonio Daniel Buriti de Macedo, Doutorando em Engenharia de Processos, UFCG
Aline Priscila de França Silva, Mestranda em Engenharia Agrícola, UFCG
Marisa de Oliveira Apolinário, Doutora em Ciências Biológicas, Professora UFCG
Renato Alexandre Costa de Santana, Doutor em Engenharia de Processos, Professor UFCG
Ana Regina Nascimento Campos, Doutora em Engenharia de Processos, Professora UFCG


RESUMO

O jiló (*Solanum gilo* Raddi) apresenta vários benefícios para à saúde humana, no entanto, este fruto tem uma vida útil curta pós-colheita devido ao amarelamento rápido e à perda resultante de valor comercial, sendo necessária a investigação de métodos de processamento que conservem suas propriedades por mais tempo. Portanto, objetivou-se estudar a cinética de secagem do fruto jiló em forno micro-ondas, nas potências de 30, 50 e 70 % e ajustar modelos matemáticos aos dados experimentais. As cinéticas de secagem foram determinadas pesando-se as amostras em intervalos de 1 min, até que a massa permanecesse constante. Com os dados da secagem, foram determinados os valores da razão do teor de água e, posteriormente, os dados foram aplicados a diferentes modelos matemáticos. O modelo de Page foi o que melhor representou os dados experimentais para as três potências escolhidas, apresentando os maiores valores de coeficiente de determinação e os menores valores de desvio quadrático médio e qui-quadrado. Por meio das curvas de secagem, observou-se que a potência exerce uma grande influência no processo de secagem. Visto que, quanto maior a potência, menor o tempo do processo, sendo a amostra seca na potência de 70 % a que apresentou o melhor resultado, com o tempo de secagem de 14 min e 12,03 % de umidade em base úmida na amostra final. Portanto, a utilização do jiló seco nessas condições torna-se relevante, uma vez que pode ser utilizado posteriormente na formulação de novos produtos alimentícios, com um tempo de vida útil maior e com as propriedades nutricionais preservadas.

PALAVRAS-CHAVE: *Solanum gilo* Raddi, Modelagem matemática, Produto farináceo.

INTRODUÇÃO

O jiló (*Solanum gilo* Raddi) é o fruto da planta herbácea jiloeiro, pertencente à família Solanaceae, que foi introduzida no Brasil através dos escravos. Atualmente, o jiloeiro é muito cultivado nos estados de Minas Gerais, Espírito Santo, Rio de Janeiro e São Paulo, devido às suas aplicações na medicina popular e na culinária. Em algumas regiões do Brasil, o jiló é infundido em aguardente com o objetivo de combater resfriados, gripes e febre. Além disso,



este fruto é recomendado em dietas alimentares, por possuir baixo valor calórico e apresentar estimáveis quantidades de sais minerais como fósforo, cálcio, ferro e vitaminas C e B5 (DA SILVA et al., 2017).


Apesar de seus significativos benefícios para a saúde humana, o jiló possui sabor amargo e essa característica agrada a alguns consumidores, porém limita seu consumo por outros (RUBATZKY; YAMAGUCHI, 1997; FILGUEIRA, 2000). Além de que os frutos são colhidos enquanto imaturos, com sementes tenras e coloração verde-clara, pois os frutos maduros não se prestam ao consumo (FILGUEIRA, 2000) tornando-se necessária a investigação de meios de processamento que conservem suas propriedades por mais tempo.

Existem diversas formas de minimizar a perda de alimentos perecíveis e, uma delas, é a secagem, que consiste no processo de diminuição da atividade de água, com o objetivo de preservar e manter a sua qualidade, bem como, aumentar a vida útil do produto (ENGEL et al., 2016). Trata-se de um fenômeno complexo que contém, de forma simultânea, as transferências de calor e massa, podendo também incluir a transferência de quantidade de movimento (FERREIRA; PENA, 2010).

Há vários fatores que influenciam a taxa de secagem, entre eles estão o tipo de processamento utilizado, a estrutura, a composição, o volume do material a ser secado e a temperatura do ar, a quantidade de vapor de água contida no ambiente, como também a quantidade e a velocidade do ar que escoar pelo alimento (FELLOWS et al., 2006).

Um dos métodos mais comuns na secagem de alimentos é a secagem por estufa com corrente de ar, ou também chamada de secagem convectiva de ar quente. Esse método consiste na operação de remoção de água do alimento por meio do mecanismo de vaporização térmica e é realizado através do calor produzido artificialmente em condições controladas de corrente de ar, umidade e temperatura. O ar, que é o meio de secagem de alimentos comumente utilizado, conduz calor ao alimento, promovendo a evaporação da água, além de ser o veículo no transporte do vapor úmido a partir do alimento e para o alimento (MONTEIRO; AZEREDO, 2012).

Outro método que vem ganhando espaço entre pesquisadores, devido ao tempo de processo reduzido, é a secagem utilizando energia eletromagnética na forma de micro-ondas. A atração por esta técnica é mostrada por meio de trabalhos realizados por Holtz et al. (2010), Göllei et al. (2009), Soysal et al. (2009) e Pereira (2007). Diferentemente da secagem por estufa com corrente de ar, na secagem por micro-ondas as ondas atingem completamente determinada



profundidade do material (dependendo da sua densidade), transportando energia eletromagnética que então é absorvida por moléculas polares, como as de água, e transformada em energia térmica. O processo de aquecimento é realizado graças à rotação dipolar das moléculas polares, que trocam de direção conforme a frequência das micro-ondas, ocasionando o aumento da temperatura do produto (SILVA; SEARA; CHARBEL, 2013).

Após realizar o processo de secagem, é possível a obtenção do produto farináceo depois de serem sujeitos a um processo de trituração ou moagem, que são operações unitárias de redução de tamanho dos alimentos sólidos através do uso de forças de impacto, compressão ou abrasão (FILHO et al., 2011). Geralmente, as farinhas de origem vegetal são alimentos que contêm muitas fibras e se prestam muito bem como opção à redução da alta perecibilidade dos produtos *in natura*, visto que, o seu processamento gera um produto com maior tempo de vida útil para consumo, podendo ser conservado à temperatura ambiente por mais tempo que o produto original, além de preservar suas propriedades nutricionais e oferecer uma maior disponibilidade para o consumidor (MATTOS, 2016).

Com base nesse contexto, objetivou-se estudar a cinética de secagem do fruto jiló em forno micro-ondas, nas potências de 30, 50 e 70 % e ajustar modelos matemáticos aos dados experimentais, para prever a melhor potência e tempo de secagem do fruto. Esse processo é promissor, uma vez que o produto seco pode ser utilizado posteriormente na formulação de novos produtos alimentícios, com um tempo de vida útil maior e com as propriedades nutricionais preservadas.

METODOLOGIA

Os experimentos foram realizados no Laboratório de Bioquímica e Biotecnologia de Alimentos (LBBA) na Universidade Federal de Campina Grande (UFCG).

Os frutos de jiló utilizados nos experimentos foram adquiridos no Supermercados Ideal, localizado na cidade de Campina Grande, na Paraíba. Foi dada preferência aos frutos verdes ou levemente amarelados, com boa qualidade para o consumo. A uniformidade de cor e firmeza foram analisadas sensorialmente.

CARACTERIZAÇÃO BIOMÉTRICA DO JILÓ

Para determinação do comprimento, largura e espessura dos frutos, a medição foi realizada com um paquímetro digital, ZAAS precision, e os resultados expressos em

milímetros. A massa foi determinada através da pesagem individual dos frutos, utilizando uma balança digital analítica Shimadzu AY 220 e os resultados expressos em gramas.

CINÉTICA DE SECAGEM EM MICRO-ONDAS

Foi utilizado um forno micro-ondas (FMO) da marca Electrolux, modelo MTO30, com tensão de alimentação de 220 V, capacidade de 34 L, potência máxima de 1300 W e frequência de 60 Hz.

Para todos os experimentos os frutos jiló foram cortados em secções transversais (circulares com espessuras aproximadas), foi utilizada uma massa fixa de amostra de 40,00 g, depósitos de polipropileno, visto que esse material não absorve significativamente energia de micro-ondas e, bquer com 150 mL de água dentro do FMO, com a finalidade de umedecer o ambiente. A água do bquer foi trocada a cada nova sequência para evitar que entrasse em ebulição e derramasse água nas amostras, alterando sua umidade e aumentando o tempo de secagem.

Com o objetivo de prever o melhor tempo e potência do forno para a otimização do processo, foram realizadas cinéticas de secagem em forno micro-ondas e ajustes de modelos matemáticos aos dados experimentais. As cinéticas de secagem foram realizadas nas potências de 30, 50 e 70 %, registrando-se as massas em intervalos de 1 min até massa constante. Com os dados da secagem, foram determinados os valores da razão do teor de água e, posteriormente, os dados foram aplicados aos modelos matemáticos que estão descritos na Tabela 1. Antes e após o fim da secagem foram retiradas amostras de material para se determinar a umidade (em base úmida), em triplicata e conforme metodologia descrita pelo Instituto Adolfo Lutz (IAL, 2008).

Tabela 1: Modelos matemáticos para prever o fenômeno de secagem

Designação do modelo	Modelos	Equação	Referências
Henderson e Pabis	$RU = a e^{-kt}$	(1)	(HENDERSON; PABIS, 1961)
Logaritmo	$RU = ae^{-kt} + c$	(2)	(YAGCIOGLU et al., 1999)
Dois termos	$RU = ae^{-k_0t} + be^{-k_1t}$	(3)	(HENDERSON, 1974)
Exponencial de dois termos	$RU = ae^{-kt} + (1 - a)e^{-kat}$	(4)	(OZDEMIR; DEVRES, 1999)
Wang e Sing	$RU = 1 + at + bt^2$	(5)	(WANG; SING, 1978)

Henderson e Pabis modificado	$RU = ae^{-kt} + be^{-k_0t} + ce^{-k_1t}$	(6)	(HENDERSON; PABIS, 1961)
Aproximação da difusão	$RU = ae^{-kt} + (1 - a)e^{-kbt}$	(7)	(CÔRREA et al., 2010)
Newton	$RU = e^{-kt}$	(8)	(TOGRUL; PCHLIVAN, 2002)
Thompson	$RU = e^{\frac{-a-(a^2+4bt)^{0,5}}{2b}}$	(9)	(ERTEKIN; YADIZ, 2004)
Page	$RU = e^{-kt^n}$	(10)	(OVERHULTS et al., 1973)

RU: razão de teor de água (adimensional); t: tempo de secagem (min); a, b, c, k, k₀, k₁ e n: parâmetros dos modelos.

Fonte: autores (2021)

Para o ajuste de cada modelo matemático aos dados experimentais, realizaram-se as análises de regressão não linear pelo método de Quasi-Newton, empregando-se o programa computacional Statistica 8.0 (STARTSOFT, Inc. 2007).

A seleção do melhor modelo levou em consideração os seguintes parâmetros estatísticos: coeficiente de determinação (R^2) (Equação 11), desvio quadrático médio (DQM) (Equação 12) e qui-quadrado (χ^2) (Equação 13).

$$R^2 = 1 - \left(\frac{\sum_{i=1}^n (RX_{pred,i} - RX_{exp,i})^2}{\sum_{i=1}^n (RX_{exp,i} - RX_{pred,i})^2} \right) \quad (11)$$

$$DQM = \left[\frac{1}{n} \sum_{i=1}^n (RX_{pred,i} - RX_{exp,i})^2 \right]^{\frac{1}{2}} \quad (12)$$

$$\chi^2 = \frac{1}{n-N} \sum_{i=1}^n (RX_{exp,i} - RX_{pred,i})^2 \quad (13)$$

Onde:

R^2 – coeficiente de determinação;

DQM – desvio quadrático médio;

χ^2 – qui-quadrado;

$RX_{pred,i}$ – razão do teor de água predito pelo modelo;

$RX_{exp,i}$ – razão do teor de água experimental;

n – número de observações;

N – número de constantes do modelo.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

CARACTERIZAÇÃO BIOMÉTRICA DO JILÓ

Os resultados das características físicas analisadas do fruto jiló estão apresentados na Tabela 2.

Tabela 2: Caracterização física do fruto jiló

Características	Valor máximo	Valor mínimo	Média
Comprimento (mm)	73,73	49,41	57,74 ± 5,82
Largura (mm)	43,54	32,18	37,23 ± 3,15
Espessura (mm)	39,17	30,03	34,77 ± 2,39
Massa (g)	46,48	24,81	31,61 ± 5,63

Fonte: Autores (2021)

Dentre as propriedades físicas, as características que mais envolvem os consumidores além da coloração são as dimensões do fruto, visto que o consumidor procura por frutos grandes, vistosos, sem sinais de estragos mecânicos e que apresentem qualidade. Além disso, a massa dos frutos torna-se importante, principalmente para os centros de distribuição e para a compra dos frutos pelo consumidor final (ALVES, 2016).

Como é possível analisar, o valor médio obtido para o comprimento foi de 57,74 mm. Esse valor é inferior, porém próximo (tendo em vista o desvio padrão), ao encontrado por Alves (2016) que foi de 66,30 mm, em pesquisa sobre a caracterização e conservação com recobrimento comestível em hortaliças.

De acordo com Modolo, Costa (2004), o índice de formato do fruto pode ser obtido em função da razão do comprimento e do diâmetro (L/D), em que valores próximos de 1 indicam formato mais arredondado, e valores superiores a 1 indicam formato alongado. Segundo os autores essa é uma característica importante para o processamento dos frutos de maxixe (*Cucumis anguria*) na forma de picles, seja inteiro ou fatiado. Considerando que a medida da largura do fruto equivale a seu diâmetro, pode-se verificar que os frutos analisados apresentaram formato alongado, com valor médio da razão L/D 1,55.

Além do mais, o valor médio encontrado para a massa total do fruto foi de 31,61 g, valor inferior aos registrados por Martins et al. (2018) em estudo sobre a morfologia de frutos e qualidade física e fisiológica de sementes de cultivares de jiloeiros. Martins et al (2018)

obtiveram como resultado para as médias das massas dos frutos, valores de 104,0, 131,50 e 153,50 g para os cultivares de ‘Morro redondo’, ‘Comprido grande rio’ e ‘Comprido verde-claro’, respectivamente.

As determinações dessas dimensões juntas indicam o formato do fruto, de maneira que também são imprescindíveis para a distribuição dos mesmo no mercado, tanto para consumo *in natura*, como na finalidade de processamento.

CINÉTICA DE SECAGEM EM MICRO-ONDAS

A Tabela 3 apresenta os valores de coeficiente de determinação (R^2), desvio quadrático médio (DQM) e qui-quadrado (χ^2) para cada modelo matemático de secagem em micro-ondas dos frutos de jiló.

Tabela 3: Valores de coeficiente de determinação (R^2), desvio quadrático médio (DQM) e qui-quadrado (χ^2) para os modelos matemáticos escolhidos.


Modelo	Potência (%)	R^2	DQM	χ^2
Henderson e Pabis	30	0,984103	0,037734	0,001424
	50	0,988505	0,026389	0,000696
	70	0,991801	0,019290	0,000372
Logaritmo	30	0,997827	0,013952	0,000195
	50	0,996260	0,015052	0,000227
	70	0,998589	0,008001	0,000064
Dois termos	30	0,984103	0,037735	0,001424
	50	0,988505	0,026389	0,000696
	70	0,991802	0,019290	0,000372
Exponencial de dois termos	30	0,997969	0,013488	0,000182
	50	0,982574	0,032492	0,001056
	70	0,989467	0,021864	0,000478
Wang e Sing	30	0,998143	0,012896	0,000166
	50	0,996401	0,014748	0,000218

	70	0,995551	0,014209	0,000202
	30	0,984103	0,037735	0,001424
Henderson e Pabis modificado	50	0,988505	0,026389	0,000696
	70	0,991801	0,019290	0,000372
	30	0,999910	0,002832	0,000008
Aproximação da difusão	50	0,999367	0,006192	0,000038
	70	0,998877	0,007139	0,000051
	30	0,972553	0,049582	0,002458
Newton	50	0,982574	0,032492	0,001056
	70	0,989467	0,021864	0,000478
	30	0,972549	0,049585	0,002459
Thompson	50	0,982570	0,032496	0,001056
	70	0,989463	0,021868	0,000478
	30	0,999030	0,009320	0,000087
Page	50	0,999409	0,005981	0,000036
	70	0,999067	0,006508	0,000042

Fonte: Autores (2021)

De acordo com a Tabela 3, é possível verificar que, os modelos matemáticos que melhor apresentaram bons ajustes aos dados experimentais da cinética de secagem para as três potências escolhidas foram o de Aproximação da Difusão e o de Page. Ambos modelos apresentaram coeficiente de determinação superior a 99 %, indicando o quanto os modelos foram capazes de explicar os dados coletados. Além disso, apresentaram os menores valores do desvio quadrático médio e qui-quadrado, indicando que os dados possuem baixas dispersão e divergência entre a distribuição dos mesmos e uma distribuição esperada. No entanto, ao se levar em consideração a simplicidade de aplicação do modelo, o modelo de Page é mais indicado, visto que necessita de menos parâmetros.

Para o estudo em forno micro-ondas, Sousa et al. (2021) observaram que o modelo de Page foi o que mais se ajustou aos dados experimentais na cinética de secagem de resíduos de



jaca, à potência de 100 %. Os resultados mostraram que os resíduos de jaca como casca, eixo central, mesocarpo e semente, apresentaram teor de água final de 9,57, 7,48, 7,47 e 6,24 %, respectivamente.

No modelo de Page, o parâmetro de secagem k representa as condições externas de secagem e pode ser usado como uma aproximação para representar o efeito da temperatura, ao passo que o parâmetro n reflete a resistência interna do produto à secagem (BABALIS; BELESSIOTIS, 2004).

Deste modo, a Tabela 4 apresenta os valores dos parâmetros do modelo de Page, que é tradicionalmente utilizado nos estudos de secagem, ajustado aos dados experimentais da cinética de secagem em forno micro-ondas do fruto jiló.

Tabela 4: Parâmetros k e n obtidos no modelo de Page para a cinética de secagem em forno micro-ondas do fruto jiló

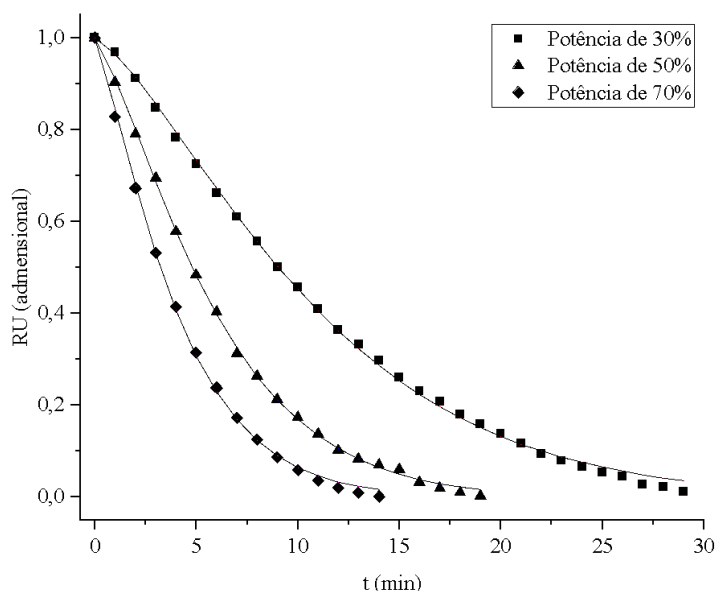
Potência (%)	Parâmetros	
	k	n
30	0,035440	1,350263
50	0,091828	1,288038
70	0,166892	1,215952

Fonte: Autores (2021)

Como é possível analisar, a constante k sofreu um aumento em seus valores com o aumento da potência, indicando o efeito da mesma no processo de secagem. Em contrapartida, o parâmetro n reduziu, tornando evidente uma menor resistência interna do produto à secagem com o aumento da potência do forno micro-ondas.

A Figura 2 apresenta as curvas de secagem do fruto jiló obtidas em forno micro-ondas e estimadas pelo modelo de Page nas potências de 30, 50 e 70 %. A cinética de secagem apresentou uma diminuição gradativa do teor de água com o tempo, até se tornar constante. Além disso, observa-se que, mesmo para diferentes potências de micro-ondas aplicadas, o fruto jiló apresentou cinética de secagem semelhante.

Figura 2: Valores experimentais da razão do teor de água estimados pelo modelo de Page para a secagem em forno micro-ondas do fruto jiló



Fonte: Autores (2021)

É possível verificar ainda que, ao final da secagem, o modelo não se ajustou bem aos dados, subestimando os valores da razão de umidade nesse período. Essa situação é esperada, visto que os modelos refletem principalmente a parte exponencial (decrecente) da secagem, tornando-se limitado no final desse processo, já que se tende a condição de equilíbrio, ao atingir valores constantes, nas quais a previsão do modelo apresentou baixa sensibilidade (OLIVEIRA, 2015).

Observa-se ainda que, a potência e tempo ideais para secagem do jiló em forno micro-ondas são, respectivamente, 70 % e 14 min. Visto que, nesta potência o período de secagem foi reduzido, sem comprometer a estrutura do produto, além de que apresentou a menor umidade em base úmida, como apresentado na Tabela 5.

Tabela 5: Umidade em base úmida (UBU) para o fruto jiló seco em diferentes potências

Potência (%)	UBU (inicial = 90,33) (%)
30	23,33
50	21,61
70	12,03

Fonte: Autores (2021)

CONSIDERAÇÕES FINAIS

No processo de secagem do fruto jiló em forno micro-ondas, o modelo de Page foi o mais indicado para representar o fenômeno, por apresentar os maiores valores de coeficiente de determinação e os menores valores de desvio médio quadrático e qui-quadrado, além de ser o de mais simples aplicação. Mesmo para diferentes potências utilizadas, as curvas de secagem apresentaram comportamento semelhante, com uma diminuição gradativa do teor de água com o tempo, até se tornar constante. Além disso, pode-se observar através das curvas de secagem que a potência e tempo ideais para esse processo são, respectivamente, 70 % e 14 min. Ao utilizar essas condições, o tempo de processo foi reduzido, em relação às demais potências utilizadas, e a amostra final não teve sua estrutura comprometida. Portanto, o fruto jiló seco nessas condições se mostra promissor para futuros trabalhos direcionados à elaboração de produtos farináceos e posterior aplicação dessas farinhas na elaboração e/ou preparo de produtos alimentícios.

REFERÊNCIAS

- ALVES, M. J. S. **Caracterização e conservação de hortaliças com recobrimento comestível**. Monografia (Graduação em Engenharia de Alimentos) – Universidade Federal de Campina Grande, Centro de Ciências e Tecnologia Agroalimentar, 2016.
- BABALIS, S.J.; BELESSIOTIS, V.G. Influence of the drying conditions on the drying constants and moisture diffusivity during the thinlayer drying of figs. **Journal of Food Engineering**, v.65, n.3, p.449-458, 2004
- CÔRREA, P. C.; OLIVEIRA, G. H. H.; BOTELHO, F. M., GONELI, A. L. D., CARVALHO, F. M. Modelagem matemática e determinação das propriedades termodinâmicas do café (*Coffea arábica* L.) durante o processo de secagem. **Revista Ceres**, v. 57, n. 5, p. 595-601, 2010.
- DA SILVA, C. F. G. et al. Otimização do processo de extração de compostos fenólicos antioxidantes do jiló (*Solanum gilo* Radl) e aplicação na estabilidade oxidativa do óleo de soja. **Revista Virtual de Química**, v. 9, n. 2, p. 729–739, 2017.
- ENGEL, B. et al. Tecnologias de atomização e desidratação: alternativas para a produção de farinhas a partir de vegetais. **Revista Jovens Pesquisadores**, v. 6, n. 1, p. 31–44, 2016.
- ERTEKIN, C.; YALFIZ, O. Drying of eggplant and selection of a suitable thin layer drying model. **Journal of Food Engineering**, v. 63, n. 3, p. 349-359, 2004.
- FELLOWS, P. J. et al. Tecnologia do processamento de alimentos: princípios e prática. **Editora Artmed**, 2006.
- FERREIRA, M. F. P.; PENA, R. S. Estudo da secagem da casca do maracujá amarelo. **Revista**



Brasileira de Produtos Agroindustriais, v. 12, n. 1, p. 15–28, 2010.

FILGUEIRA, F. A. R. Novo manual de olericultura: agrotecnologia moderna na produção de hortaliças. **Editora UFV**, 2000.

FILHO, D. G. DE A. et al. Processamento de produto farináceo a partir de beterrabas submetidas à secagem estacionária. **Acta Scientiarum - Agronomy**, v. 33, n. 2, p. 207–214, 2011.

GÖLLEI, A.; VASS, A.; MAGYAR, A.; PALLAI, E. Aparelho e método para investigação do consumo de energia de sistemas de secagem assistidos por micro-ondas. **Review of Scientific Instruments**, v. 80, n. 104, p.706, 2009.

HENDERSON, S. M.; PABIS, S. Grain drying theory I: temperature effect on drying coefficient. **Journal of Agricultural Engineering Research**, v. 6, n. 3, p. 169-174, 1961.

HENDERSON, S. M. Progress in developing the thin-layer drying equation. **Transactions of the American Society of Agricultural**, v. 17, n. 6, p. 1167-1168, 1974.

HOLTZ, E.; AHRNÉ, L.; RITTENAUER, M.; RASMUSON, A. Influência das propriedades dielétricas e de sorção no comportamento de secagem e eficiência energética durante a secagem por convecção por micro-ondas de alimentos selecionados e materiais inorgânicos não alimentares. **Journal of Food Engineering**, v. 97 p. 144, 2010.

INSTITUTO ADOLFO LUTZ (IAL). **Métodos Físico-Químicos para Análise de Alimentos**. 4ª Ed., 1ª Ed. Digital, São Paulo, 2008.

MARTINS, A.R.; PARAÍSO, H.A.; GOMES, L. S. P.; COSTA, C. A.; JÚNIOR, D. S. B.; SANTOS, J. C. Morfologia de frutos e qualidade física e fisiológica de sementes de cultivares de jiloeiro. **Brazilian Journal of Biosystems Engineering**, v. 12, 2018.

MATTOS, M. A. **Bioprospecção do maxixe (Cucumis anguria L.): elaboração da farinha e apresentação de produto**. Dissertação (Mestrado em Ciências Naturais e Biotecnologia), Universidade Federal de Campina Grande, 2016.

MODOLO, V. A.; COSTA, C. P. DA. Production of paulista gherkin using trellis net support. **Scientia Agricola**, v. 61, n. 1, p. 43–46, 2004.

MONTEIRO, H.; AZEREDO, H. M. C. Fundamentos de estabilidade de alimentos. **Embrapa Agroindústria Tropical**, 2 ed., 2012.

OLIVEIRA, G. H. H.; ARAGÃO, D. M. S.; OLIVEIRA, A. P. L. R.; SILVA, M. G.; GUSMÃO, A. C. A. Modelagem e propriedades termodinâmicas na secagem de morangos. **Brazilian Journal of Food Technology**, v. 18, n. 4, 2015.

OVERHULTS, D. G., WHITE, G. M., HAMILTON, H. E., ROSS, I. J. Drying soybeans with heated air. **Transactions of the of the American Society of Agricultural**, v. 16, n.1, 1973.

OZDEMIR, M.; DEYRES, Y. O. The thin-layer drying characteristics of hazelnuts during roasting. **Journal of Food Engineering**, v. 42, p. 225-233, 1999.

PEREIRA, N. R. **Estudo da aplicação de Microondas na secagem de bananas tratadas**



osmoticamente. Dissertação (Doutorado em Engenharia de Alimentos, Universidade Estadual de Campinas, 2007.

RUBATZKY, V.E.; YAMAGUCHI, M. Vegetais mundiais: princípios, produção e valor nutritivo. **Chapman & Hall**, 2 ed., 1997.

SILVA, S. L. M. V. DA; SEARA, L. M.; CHARBEL, A. T. Secagem da batata yacon (*Smallanthus Sonchifolius*) utilizando microondas. **E-Xacta**, v. 6, n. 2, p. 147, 2013.

SOUSA, A. P. M.; CAMPOS, A. R. N.; GOMES, J. P. G.; COSTA, J. D.; MACEDO, A. D. B.; SANTANA, R. A. C. Cinética de secagem de resíduos de jaca (*Artocarpus heterophyllus* Lam.). **Research, Society and Development**, v. 10, n. 2, 2021.

SOYSAL, Y.; ARSLAN, M.; KESKIN, M. Secagem de orégano em ar convectivo por microondas intermitente. **Food Science and Technology International**, v. 15, n. 4, p. 397 – 406, 2009.

STATISTICA (data analysis software system), version 8.0. www.statsoft.com.

TOGRUL, I. T.; PCHILIVAN, D. Mathematical modelling of solar drying of apricots in thinlayers. **Journal of Food Engineering**, v. 40, n. 3, p. 219–226, 2002.

WANG, C.Y.; SINGH, R.P. Use of variable equilibrium moisture content in modeling rice drying. **ASAE Paper**, p. 78-6505, 1978.

YAGCIOGLU, A.; DEGIRMENCIOGLU, A; CAGATAY, F. **Drying characteristics of laurel leaves under different conditions.** In: International Congress on Agricultural Mechanization and Energy, 7, Adana. Proceedings, Adana: Faculty of Agriculture, Cukurova University, p.565-569, 1999.



CAPÍTULO 20

ENRIQUECIMENTO PROTEICO DO EIXO CENTRAL DE JACA POR FERMENTAÇÃO SEMISSÓLIDA UTILIZANDO *SACCHAROMYCES CEREVISIAE*

DOI: 10.47402/ed.ep.c202159020097

Ana Paula Moisés de Sousa, Doutora em Engenharia Agrícola, UFCG
Danilo Lima Dantas, Doutorando em Química, UFRPE
Antonio Daniel Buriti de Macedo, Doutorando em Engenharia de Processos, UFCG
Jaciara Dantas Costa, Mestre em Ciências Naturais e Biotecnologia, UFCG
Jéssica Raiane Barbosa da Silva, Graduanda em Engenharia Química, UFCG
Josivanda Palmeira Gomes, Doutora em Engenharia de Alimentos, Professora UFCG
Renato Alexandre Costa de Santana, Doutor em Engenharia de Processos, Professor UFCG
Ana Regina Nascimento Campos, Doutora em Engenharia de Processos, Professora UFCG


RESUMO

Os resíduos agroindustriais em muitas situações representam um grave problema, pois aparentemente sem aplicações viáveis são descartados diretamente ao meio ambiente. A jaqueira, por exemplo, produz a maior de todas as frutas comestíveis, sendo bastante rica em nutrientes. A jaca e seus constituintes apresentam grande potencial para serem aperfeiçoadas e industrializadas. Assim, objetivou-se avaliar o enriquecimento proteico do resíduo eixo central de jaca por meio do processo de fermentação semissólida utilizando a levedura *Saccharomyces cerevisiae*, visando a produção de um suplemento proteico para ração animal. O resíduo eixo central *in natura* e enriquecido foram caracterizados quanto ao teor de água, atividade de água, sólidos solúveis totais, proteína bruta e aumento proteico, nos intervalos de 0, 24, 48, 72 e 96 h. O resíduo *in natura* apresentou características físicas e químicas que indicou a possibilidade de aproveitamento através do desenvolvimento de novo produto de valor agregado destinado ao consumo animal. Observou-se uma diminuição do teor de água durante o processo fermentativo, entretanto, a atividade de água com o passar do tempo não apresentou grandes variações. O teor de sólidos solúveis totais reduziu devido o consumo de açúcares pela levedura. Após 72 h de processo, enriqueceu-se 2,5 vezes o teor proteico em relação ao substrato *in natura*, correspondendo a um aumento proteico de 130,8%, com a utilização de 5% de levedura à temperatura de 35 °C. Por meio da fermentação semissólida, elevou-se a concentração de nutrientes do resíduo eixo central de jaca, tornando-o um produto alternativo para alimentação animal com alto valor agregado. Portanto, a utilização do resíduo eixo central, disponível à baixo custo, apresenta potencial para a elaboração de produto visando possível aplicação na indústria alimentícia.

PALAVRAS-CHAVE: *Artocarpus heterophyllus* Lam., Aproveitamento de resíduo, Processo fermentativo, Suplemento proteico, Alimentação animal.

INTRODUÇÃO

As frutas *in natura* são atrativas para o consumidor pelo valor nutricional e pelas qualidades sensoriais. A jaca (*Artocarpus heterophyllus* Lam.) apresenta-se bastante atrativa devido ao seu aroma e sabor adocicado, o que lhe confere alta palatabilidade. Entretanto, 72%




da massa total da fruta é constituída por casca, eixo central, mesocarpo (dá sustentação a polpa) e sementes (FEITOSA et al., 2017), os quais são considerados resíduos. Para lidar com essa demanda de resíduos de jaca, esses poderiam ser utilizados para o desenvolvimento de novos produtos alimentícios (GODOY et al., 2018).

Dessa maneira, estudos de aproveitamentos alternativos com intenção de incrementar o uso industrial da jaca de forma que promova a sustentabilidade alimentar e agrícola são necessários, valorizando a produção e o consumo da fruta. A partir desses resíduos, algumas alternativas têm sido propostas para o desenvolvimento de novos alimentos que apresentem valor nutricional superior ao alimento *in natura*, com potencial de consumo tanto para a alimentação humana como para ração animal, utilizando tecnologias viáveis que sejam acessíveis inclusive às classes economicamente menos favorecidas (SOUSA et al., 2020a; SOUSA et al., 2021).

A fermentação em estado semissólido é um processo que ocorre em uma matriz sólida (suporte inerte ou suporte/substrato) na ausência ou quase ausência de água livre (SINGHANIA et al., 2010). Entretanto, o substrato deve apresentar teor de água suficiente para o crescimento e a atividade metabólica de microrganismos. O processo fermentativo utilizando microrganismos tem despertado grande interesse por apresentar diversas vantagens (THOMAS et al., 2013), incluindo a possibilidade de utilização de resíduos gerados pelos processos industriais. Um dos microrganismos muito utilizados para esse tipo de fermentação é a levedura *Saccharomyces cerevisiae* por ser uma fonte proteica, possuir bom *valor nutricional, fácil de produzir em grande escala, de crescimento rápido, fácil de secar e separar do meio, de baixo custo* e por não apresentar características patogênicas, podendo ser utilizada tanto na alimentação humana como em ração para os animais (COSTA et al., 2018; GERVASI et al., 2018).

Os resíduos de jaca são facilmente encontrados em locais de produção ou como sobras do processamento da fruta, compõem uma alternativa de grande potencialidade, utilizável para suplementação na dieta dos animais. Esses resíduos de composição muito variável, têm como principal vantagem o fato de se constituírem, em geral, de alto teor de carboidratos, proteínas, amido, cálcio, vitaminas, sacarose, ácidos graxos e aminoácidos, capazes de proporcionar inúmeros benefícios à saúde (SWAMI & KALSE, 2018). Essas características torna-os um alimento de grande potencial energético e bastante palatável, podendo ter grande aproveitamento.



Segundo Sousa et al. (2020a), o suplemento proteico obtido por meio da fermentação de resíduos de jaca utilizando *S. cerevisiae* como inóculo, pode ser utilizado como uma alternativa na alimentação de ruminantes. A conversão do eixo central de jaca em produto de valor agregado torna-se uma prática interessante e economicamente viável para a produção de suplemento nutricional destinado à alimentação de animais. Portanto, objetivou-se na presente pesquisa avaliar o enriquecimento proteico do resíduo eixo central de jaca por meio do processo de fermentação semissólida utilizando a levedura *S. cerevisiae*, visando a produção de um suplemento proteico para ração animal.

METODOLOGIA

Os experimentos foram realizados no Laboratório de Armazenamento e Processamento de Produtos Agrícolas, Centro de Tecnologia e Recursos Naturais e no Laboratório de Bioquímica e Biotecnologia de Alimentos, Centro de Educação e Saúde, ambos da Universidade Federal de Campina Grande. As jacas da variedade “mole” foram coletadas no sítio Bujari localizado no município de Cuité – PB. As frutas foram selecionadas de acordo com a maturidade dando preferência a fruta em tempo de colher, uma vez que apresentavam menos látex e encaminhadas até o laboratório. Em seguida, as frutas foram sanitizadas para separação de seus constituintes. A matéria-prima utilizada foi o eixo central de jaca.

Inicialmente, triturou-se o eixo central em liquidificador industrial na velocidade máxima por 5 min aproximadamente, constituindo o substrato. Em todos os experimentos foram utilizados 700 g de eixo central. Para o processo fermentativo, utilizou-se a levedura *S. cerevisiae*, fermento biológico empregado no processamento de pães e seus derivados, da marca comercial Fleishmann. Escolheu-se a levedura em consideração o bom rendimento e fácil aquisição, visando à produção de um suplemento de boa qualidade nutricional e de baixo custo. Ao substrato, inoculou-se as concentrações correspondentes a 1, 3 e 5% de levedura em relação à massa de substrato, seguindo o planejamento experimental que será apresentado a seguir. Os valores definidos foram baseados em dados da literatura referentes a enriquecimento proteico de diversos substratos (ARAÚJO et al., 2017; SILVA et al., 2017; SOUSA et al., 2020a; SOUSA et al., 2020b).

A fermentação semissólida ocorreu em estufa com circulação de ar nas temperaturas de 30, 35 e 40 °C, definidas de acordo com a faixa de temperatura ótima para o crescimento da levedura (POLYORACH et al., 2013), com uma variação de ± 1 °C durante 96 h. Realizou-se a caracterização física e química do substrato *in natura* e dos experimentos nos intervalos de 0,

24, 48, 72 e 96 h quanto aos parâmetros de teor de água, atividade de água e sólidos solúveis totais de acordo com a metodologia descrita pelo Instituto Adolfo Lutz (IAL, 2008), além da determinação da proteína bruta e aumento proteico.

Para o teor de água (%), a amostra do resíduo enriquecido foi colocada em estufa a uma temperatura de 105 °C até massa constante. Para determinação da atividade de água, usou-se o equipamento Aqualab modelo 3TE (Decagon Devices, Inc.). Realizou-se a determinação do parâmetro de sólidos solúveis totais (°Brix) utilizando refratômetro digital. O teor de proteína bruta (%) foi determinado pela quantificação de nitrogênio total da amostra, utilizando-se o método de Kjeldhal (TEDESCO et al., 1995). O teor de nitrogênio foi convertido em teor de proteína multiplicando-se o valor encontrado pelo fator 6,25. Todas as análises foram realizadas em quadruplicata.

Estudou-se a cinética do aumento proteico (AP) para observar o tempo adequado de fermentação do resíduo. Assim, o cálculo do aumento proteico (%) dos experimentos tiveram como base o valor proteico contido no substrato *in natura*, sendo definido de acordo com Campos et al. (2005).

Para demonstrar a potencialidade da matéria-prima constituída de eixo de jaca durante o processo de fermentação, avaliou-se a adição das concentrações de 1, 3 e 5% de levedura submetidas à temperatura de 30, 35 e 40 °C de acordo com o planejamento fatorial 3². Os ensaios foram realizados em duplicata e em ordem aleatória para evitar o erro sistemático, variando-se simultaneamente a concentração de levedura e a temperatura. A matriz do planejamento fatorial 3² encontra-se na Tabela 1, bem como as variáveis utilizadas, suas codificações e os níveis reais para cada variável investigada para um nível alto (+1), um intermediário (0) e um baixo (-1).

Tabela 1: Matriz do planejamento fatorial 3²

Experimentos	Concentração de Levedura		Temperatura	
	Valor Codificado	Valor Real (%)	Valor Codificado	Valor Real (°C)
	1	-1	1	-1
2	-1	1	0	35
3	-1	1	+1	40
4	0	3	-1	30
5	0	3	0	35
6	0	3	+1	40
7	+1	5	-1	30
8	+1	5	0	35

Fonte: Dados da Pesquisa

O *software Statistica* para Windows 8.0 (STATSOFT, 2007) foi utilizado para geração e avaliação do planejamento experimental fatorial e análise da regressão dos dados experimentais. Para a otimização dos resultados, os efeitos das variáveis independentes sobre a resposta foram modelados usando o modelo matemático (Equação 1), que envolve as variáveis independentes e suas interações para a resposta gerada pelo planejamento fatorial 3².

$$Y = b_0 + b_1X_1 + b_2X_2 + b_{12}X_1X_2 + b_{11}X_1^2 + b_{22}X_2^2 \quad (\text{Equação 1})$$

Em que: Y é a variável independente (resposta), enquanto b_0 é a interseção, b_1 , b_2 , b_{12} , b_{11} e b_{22} são coeficientes de regressão; X_1 e X_2 são as variáveis independentes; X_1X_2 é a interação entre as variáveis; X_1^2 e X_2^2 são os termos quadráticos. A análise de variância (ANOVA) foi aplicada para estimar a significância do modelo ($p < 0,10$) e os parâmetros de resposta individual. Os dados experimentais também foram submetidos à análise de variância (ANOVA) pelo teste F e as diferenças significativas entre as médias foram comparadas pelo teste de Tukey ao nível de 5% de significância, com o auxílio do *software Assistat* versão 7.7 beta (SILVA & AZEVEDO, 2016).

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os resultados das análises físicas e químicas da matéria-prima *in natura* utilizada no processo de fermentação semissólida podem ser observados na Tabela 2.

Tabela 2: Caracterização física e química do substrato eixo central de jaca (*Artocarpus heterophyllus* Lam.) *in natura*

Parâmetros	Eixo Central <i>in natura</i>
Teor de água (%)	83,80 ± 1,34
Atividade de água	0,992 ± 0,001
Sólidos solúveis totais (°Brix)	3,93 ± 1,55
Proteína bruta (b.s) (%)	7,5 ± 0,57

Fonte: Dados da Pesquisa

Como observado na tabela 2, o valor de teor de água foi acima de 83%. Assim, o eixo central apresentou matéria seca de 16,2%. O teor de água depende do ponto de maturação da fruta, sendo um importante parâmetro que influencia no desenvolvimento da levedura empregada no processo fermentativo. De acordo com Santos et al. (2018), elevado teor de água pode ocasionar contaminações no meio de fermentação ou proporcionar o surgimento de metabólitos devido a um baixo teor de umidade. O resultado obtido, no entanto, foi ideal para

a multiplicação da levedura e está de acordo com os níveis de teor de água encontrados na literatura para outros substratos (SOUSA et al., 2020b).

A atividade de água do substrato *in natura* foi de 0,992 (Tabela 2), indicando que a maior parte da água presente no substrato se encontra livre, sendo passível de ser utilizada em reações químicas. Cada microrganismo tem faixa de atividade de água necessária para que possa efetuar suas atividades metabólicas e a levedura requer uma atividade de água em torno de 0,5 a 0,8 (OLIVEIRA et al., 2009; THOMAS et al., 2013). Logo, o substrato estudado apresenta valor de atividade de água propícia para o desenvolvimento da *S. cerevisiae*.

Quanto ao teor de sólidos solúveis totais em base seca, observou-se que o eixo central apresentou valor de 3,9%, sendo um substrato alternativo para ser utilizado pela levedura, apesar de possuir menor demanda em termos de disponibilidade de açúcar quando comparado a outros substratos agroindustriais ricos em açúcar, esse parâmetro é relevante para a viabilidade do processo fermentativo.

O teor de proteína bruta do eixo central foi de 7,5% em base seca. Araújo et al. (2017) observaram que a casca de mandioca apresentou baixo teor de proteína bruta e por isso consideraram o enriquecimento proteico do substrato, havendo aumento proteico apenas ao término da fermentação. De acordo com Van Soest (1994), o substrato *in natura* não cumpre as exigências nutricionais requeridas para os animais e, portanto, o eixo central de jaca foi submetido ao processo de enriquecimento proteico, visando à utilização na alimentação animal.

A caracterização do substrato eixo central *in natura* quanto a composição física e química serviu-se de referência na avaliação do enriquecimento proteico. Para demonstrar a potencialidade da matéria-prima durante o processo de fermentação fermentativo, avaliou-se como a adição de diferentes concentrações de levedura submetidas a diferentes temperaturas de fermentação de acordo com o planejamento fatorial 3², influenciaram os parâmetros estudados. A variação do valor médio do teor de água do substrato eixo central de jaca enriquecido durante o processo de fermentação está descrita na tabela 3.

Tabela 3: Percentual médio dos valores de teor de água do substrato eixo central de jaca (*Artocarpus heterophyllus* Lam.) durante o processo de fermentação semissólida

Experimentos	Teor de Água (%)				
	0 h	24 h	48 h	72 h	96 h
1	82,25 ± 0,07 ^{aB}	83,09 ± 0,68 ^{aAB}	81,66 ± 0,59 ^{bB}	79,41 ± 0,71 ^{cA}	73,36 ± 2,20 ^{dA}
2	84,59 ± 0,20 ^{aA}	81,87 ± 2,82 ^{aABC}	81,20 ± 2,64 ^{aB}	72,57 ± 3,84 ^{bF}	59,38 ± 10,32 ^{cF}
3	84,55 ± 0,07 ^{aA}	82,31 ± 1,00 ^{bABC}	74,79 ± 3,89 ^{cE}	73,08 ± 0,43 ^{dE}	55,46 ± 4,85 ^{eG}

4	82,25 ± 0,07 ^{aB}	81,96 ± 0,36 ^{aBC}	79,73 ± 0,55 ^{bC}	76,94 ± 0,47 ^{cC}	65,39 ± 5,56 ^{dE}
5	84,59 ± 0,20 ^{aA}	83,49 ± 0,92 ^{aA}	80,38 ± 0,79 ^{bC}	71,77 ± 4,23 ^{cG}	73,47 ± 1,27 ^{cA}
6	84,55 ± 0,07 ^{aA}	80,94 ± 2,35 ^{abC}	76,19 ± 4,08 ^{bcD}	62,67 ± 7,63 ^{cI}	53,30 ± 4,79 ^{dH}
7	82,25 ± 0,07 ^{aB}	82,27 ± 1,31 ^{aABC}	80,42 ± 1,64 ^{bC}	77,91 ± 2,32 ^{cB}	72,08 ± 2,55 ^{dB}
8	84,59 ± 0,20 ^{aA}	82,77 ± 1,49 ^{bABC}	82,04 ± 0,90 ^{bA}	76,13 ± 0,22 ^{cD}	71,28 ± 2,42 ^{dC}
9	84,55 ± 0,07 ^{aA}	81,14 ± 1,11 ^{bBC}	75,06 ± 5,26 ^{cE}	69,60 ± 6,97 ^{dH}	67,90 ± 1,07 ^{eD}

Médias seguidas das mesmas letras minúsculas nas linhas e maiúsculas nas colunas não diferem estatisticamente pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.

Fonte: Dados da Pesquisa.

Observou-se que em todos os experimentos houveram diminuições significativas nos valores de teor de água no curso das fermentações. A principal causa para esse comportamento é a evaporação da água contida no substrato, pois foi favorecida pelo uso do biorreator bandeja, oferecendo uma ampla área superficial entre o substrato e o meio, quando comparado a outros tipos de biorreatores. Outro fator que contribui para o processo de evaporação é a utilização da estufa com circulação de ar e a variação da temperatura de fermentação (CAMPOS, 2008).

De acordo com a Tabela 3, notou-se que os experimentos 1, 4 e 7 foram inoculados com concentrações de 1, 3 e 5% de levedura respectivamente e submetidos à temperatura de fermentação de 30 °C. Esses experimentos apresentaram diferenças estatísticas entre si e o experimento 4 apresentou menor valor de teor de água após 96 h de fermentação. Os experimentos 2, 5 e 8 foram inoculados com concentrações de 1, 3 e 5% de levedura respectivamente e submetidos à temperatura de fermentação de 35 °C. Desses experimentos, o experimento 2 apresentou o menor valor de teor de água de 59,4% ao término do processo fermentativo. Os experimentos 3, 6 e 9, por sua vez, também foram inoculados com concentrações de 1, 3 e 5% de levedura respectivamente e submetidos à temperatura de fermentação de 40 °C. De todos os substratos, o experimento 6 apresentou os menores valores de teor de água durante toda fermentação semissólida.

A redução do teor de água ao longo do processo de fermentação, favoreceu o processo para que ocorra a concentração de nutrientes (SOARES et al., 2020). Logo, constatou-se que a maior temperatura de fermentação (40 °C) favoreceu as maiores reduções de água nos substratos (3, 6 e 9), o que induzirá a concentração dos nutrientes disponíveis à levedura, permitindo o crescimento, desenvolvimento e formação de produtos (SOUZA & AQUINO, 2012).

Na Tabela 4, estão apresentados os valores de atividade de água dos substratos de eixo central de jaca durante 96 h de fermentação semissólida.

Verificou-se que não houveram diferenças estatísticas nos valores de atividade de água de todos os experimentos durante às 96 h de processo fermentativo (Tabela 4). Diversos autores relatam que o crescimento de alguns microrganismos depende da atividade de água. A faixa ótima para o crescimento da levedura está entre 0,90 e 0,99 da atividade de água do substrato (GOULD, 1989). Portanto, a determinação da atividade de água no substrato que ocorrerá o processo de fermentação é de suma importância, uma vez que esse parâmetro constitui um fator intrínseco que regula o crescimento dos microrganismos capazes de se desenvolverem no meio. Logo, quanto mais elevada for a atividade da água do substrato, mais rápido os microrganismos, como bactérias, leveduras e bolores serão capazes de crescer (ALCÂNTARA & SILVA, 2014; WOO et al., 2019). Constatou-se que a atividade de água de todos os experimentos foi superior a 0,91 após 96 h de processo (Tabela 4), favorecendo, portanto, a biossíntese da levedura.

Tabela 4: Valores médios da atividade de água do substrato de eixo central de jaca (*Artocarpus heterophyllus* Lam.) durante o processo de fermentação semissólida

Experimentos	Atividade de Água (a_w)				
	0 h	24 h	48 h	72 h	96 h
1	0,991 ± 0,0002 aA	0,992 ± 0,001 Aa	0,990 ± 0,001 aA	0,995 ± 0,001 aA	0,996 ± 0,003 aA
2	0,993 ± 0,002 aA	0,993 ± 0,001 Aa	0,996 ± 0,007 aA	0,990 ± 0,001 aA	0,965 ± 0,023 aA
3	0,993 ± 0,0003 aA	0,992 ± 0,001 Aa	0,992 ± 0,001 aA	0,988 ± 0,001 aA	0,971 ± 0,012 aA
4	0,991 ± 0,0002 aA	0,992 ± 0,002 Aa	0,995 ± 0,003 aA	0,990 ± 0,005 aA	0,977 ± 0,017 aA
5	0,993 ± 0,002 aA	0,993 ± 0,0003 aA	0,996 ± 0,003 aA	0,982 ± 0,009 aA	0,925 ± 0,097 aA
6	0,993 ± 0,0003 aA	0,992 ± 0,001 Aa	0,989 ± 0,005 aA	0,982 ± 0,006 aA	0,925 ± 0,063 aA
7	0,991 ± 0,0002 aA	0,993 ± 0,001 Aa	0,995 ± 0,002 aA	0,990 ± 0,002 aA	0,966 ± 0,010 aA
8	0,993 ± 0,002 aA	0,995 ± 0,001 Aa	0,995 ± 0,001 aA	0,994 ± 0,002 aA	0,985 ± 0,005 aA
9	0,993 ± 0,0003 aA	0,991 ± 0,002 Aa	0,989 ± 0,002 aA	0,985 ± 0,005 aA	0,919 ± 0,087 aA

Médias seguidas das mesmas letras minúsculas nas linhas e maiúsculas nas colunas não diferem estatisticamente pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.

Fonte: Dados da Pesquisa.

Os resultados dos valores de sólidos solúveis totais encontrados nas amostras de eixo central de jaca durante o processo fermentativo encontram-se na Tabela 5.

Conforme observado na Tabela 5, ocorreu uma redução significativa nos valores de sólidos solúveis totais dos experimentos durante a fermentação semissólida. Essa redução ocorreu de forma gradativa no decorrer das 96 h. A mesma tendência também foi observada por Sousa et al. (2020b) nos experimentos realizados tendo o resíduo casca de jaca como substrato no processo fermentativo. A redução nos valores de sólidos solúveis totais já era prevista por se tratar de um processo fermentativo, que ocorre multiplicação e crescimento de microrganismo.

Tabela 5: Variação da média dos valores de sólidos solúveis totais, em base seca, dos substratos de eixo central de jaca (*Artocarpus heterophyllus* Lam.) no decorrer da fermentação semissólida

Experimentos	Sólidos Solúveis Totais (°Brix)				
	0 h	24 h	48 h	72 h	96 h
1	4,0 ± 0,0 ^{aG}	3,25 ± 1,06 ^{aF}	2,50 ± 0,41 ^{bcH}	3,08 ± 0,43 ^{abB}	2,13 ± 0,25 ^{cD}
2	4,95 ± 0,10 ^{aB}	4,13 ± 0,48 ^{aC}	4,25 ± 0,65 ^{aD}	2,80 ± 0,36 ^{bBC}	2,33 ± 0,39 ^{bC}
3	4,95 ± 0,10 ^{bB}	3,28 ± 0,38 ^{cF}	5,08 ± 0,30 ^{bA}	3,33 ± 0,24 ^{aA}	2,38 ± 0,85 ^{aA}
4	4,4 ± 0,75 ^{abE}	3,51 ± 1,22 ^{aE}	2,65 ± 0,60 ^{cF}	2,38 ± 0,25 ^{bcC}	2,33 ± 0,24 ^{bcCD}
5	4,5 ± 0,71 ^{aD}	4,33 ± 0,47 ^{aB}	2,63 ± 0,48 ^{bG}	2,28 ± 0,21 ^{cC}	2,28 ± 0,38 ^{cD}
6	5,38 ± 0,75 ^{abA}	3,58 ± 0,81 ^{bDE}	4,50 ± 0,41 ^{abB}	3,25 ± 1,50 ^{aA}	2,75 ± 0,96 ^{aB}
7	4,3 ± 0,65 ^{aF}	3,16 ± 1,54 ^{bG}	2,08 ± 0,30 ^{dI}	2,28 ± 0,46 ^{cC}	2,00 ± 0,41 ^{dD}
8	4,75 ± 0,29 ^{aC}	4,58 ± 0,54 ^{bA}	3,95 ± 0,10 ^{cE}	2,88 ± 0,85 ^{dBC}	2,63 ± 0,75 ^{cD}
9	5,33 ± 0,24 ^{cA}	3,63 ± 0,48 ^{eD}	4,45 ± 0,71 ^{dC}	3,88 ± 1,65 ^{aA}	2,95 ± 0,42 ^{bB}

Médias seguidas das mesmas letras minúsculas nas linhas e maiúsculas nas colunas não diferem estatisticamente pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.

Fonte: Dados da Pesquisa

Percebeu-se que a concentração de levedura adicionada ao resíduo eixo central e a temperatura de fermentação influenciaram o processo, uma vez que a levedura utilizou os açúcares do substrato para o enriquecimento proteico, como constatado por Correia et al. (2007) ao observarem o teor de açúcares presente no resíduo do abacaxi enriquecido com leveduras. Observou-se também uma relação entre o teor de sólidos solúveis totais e proteína bruta, à medida que a levedura consome os carboidratos o teor de sólidos solúveis diminui e a proteína bruta aumenta durante a fermentação semissólida, indicando que açúcares presentes no meio atuam como eficientes fontes de carboidratos para o crescimento do organismo (CORREIA et al., 2007; SILVA et al., 2016).

Os valores de proteína bruta, em base seca, do resíduo eixo central de jaca nos diferentes intervalos de tempo durante o processo fermentativo e o maior aumento proteico alcançado após 72 h de acordo com o planejamento fatorial 3², estão representados na tabela 6.

Percebeu-se que ao longo do processo fermentativo houve aumento proteico dos experimentos e na Tabela 6 estão os maiores valores alcançados após 72 h de processo. O maior percentual de enriquecimento observado foi no experimento 8, que alcançou teor de 130,8%, correspondendo a 17,3% de proteína bruta. Esse experimento foi realizado a uma temperatura de 35 °C e concentração de levedura de 5%.

Tabela 6: Teores de proteína bruta, em base seca, do resíduo eixo central de jaca (*Artocarpus heterophyllus* Lam.) durante às 96 h de fermentação e do maior aumento proteico alcançado após 72 h de acordo com o planejamento fatorial 3²

Exp.	C (%)	T (°C)	Proteína Bruta (%) _(b,s)					Aumento Proteico (%)
			0 h	24 h	48 h	72 h	96 h	72 h
1	1	30	8,78 ± 0,19 ^{cF}	10,18 ± 1,50 ^{Cd}	11,38 ± 2,09 ^{aE}	10,00 ± 0,27 ^{bE}	11,11 ± 1,73 ^{aE}	33,3
2	1	35	9,73 ± 0,60 ^{eE}	9,40 ± 1,06 ^{De}	12,52 ± 2,56 ^{aC}	12,58 ± 0,63 ^{aF}	10,11 ± 0,86 ^{bF}	67,7
3	1	40	11,69 ± 0,31 ^{eD}	13,32 ± 0,84 ^{Cb}	12,24 ± 2,73 ^{dC}	16,02 ± 2,04 ^{aB}	15,05 ± 3,74 ^{bB}	113,6
4	3	30	10,53 ± 1,26 ^{dD}	10,88 ± 1,50 ^{Bd}	11,55 ± 0,67 ^{eD}	15,54 ± 3,14 ^{aC}	14,13 ± 1,60 ^{bC}	107,2
5	3	35	11,60 ± 1,23 ^{dC}	11,31 ± 0,44 ^{Ec}	12,47 ± 3,85 ^{bC}	13,70 ± 0,97 ^{aD}	12,10 ± 1,48 ^{cD}	82,7
6	3	40	13,71 ± 5,93 ^{bA}	13,02 ± 2,03 ^{Bb}	14,37 ± 2,08 ^{aAB}	14,49 ± 0,66 ^{aD}	14,13 ± 3,94 ^{aC}	93,2
7	5	30	12,65 ± 1,12 ^{dA}	14,42 ± 1,70 ^{Ba}	13,58 ± 1,00 ^{eB}	16,12 ± 0,95 ^{aB}	15,96 ± 2,81 ^{aA}	114,9
8	5	35	12,55 ± 1,40 ^{eAB}	13,89 ± 1,46 ^{Db}	14,69 ± 2,58 ^{cA}	17,31 ± 1,92 ^{aA}	15,32 ± 3,82 ^{bB}	130,8
9	5	40	11,00 ± 1,82 ^{dC}	14,43 ± 0,83 ^{Ca}	15,48 ± 0,83 ^{bA}	16,13 ± 1,27 ^{aB}	15,81 ± 3,87 ^{bA}	115,1

Médias seguidas das mesmas letras minúsculas nas linhas e maiúsculas nas colunas não diferem estatisticamente pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.

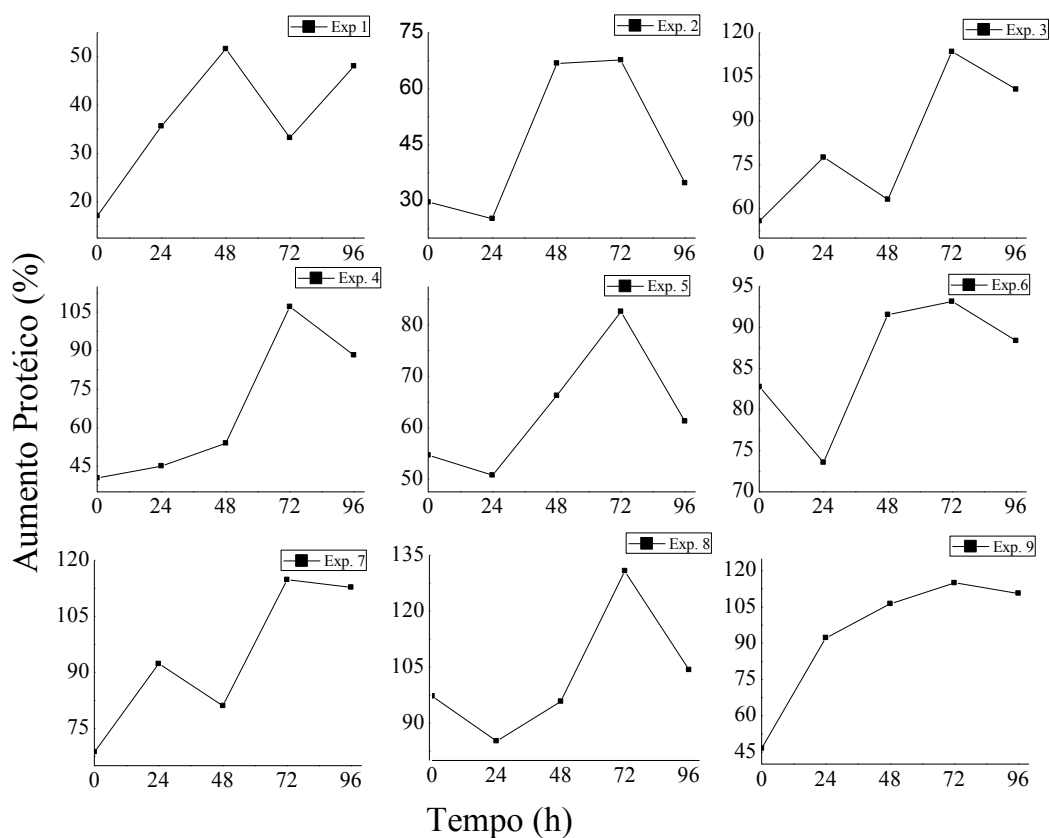
Fonte: Dados da Pesquisa.

Dos experimentos 1, 4 e 7, o experimento 7 alcançou maior teor de proteína bruta de 16,12%, correspondendo ao aumento proteico de 114,9%. Os experimentos 2 e 5 foram mantidos à temperatura de 35 °C e os maiores valores de proteína bruta alcançados foram de 12,58 e 13,7% respectivamente. Os valores de teor de aumento proteico correspondente foram de 67,7 e 82,7% respectivamente. Com relação aos experimentos 3, 6 e 9, os maiores valores de teor proteico foram alcançados quando submetidos a 40 °C (Tabela 6). Logo, constatou-se que o maior ganho proteico encontrado no substrato eixo central foi de aproximadamente 2,5 vezes, correspondendo a 17,3% de proteína bruta, quando comparado ao substrato *in natura* (Tabela 1).

Na Figura 1, tem-se a representação gráfica do aumento proteico do resíduo eixo central de jaca em todos os experimentos realizados durante a fermentação semissólida.

Através dos valores apresentados na Tabela 6 e na Figura 1, verificou-se que para todos os experimentos os maiores percentuais de proteína bruta e de aumento proteico foram alcançados após 72 h de fermentação. Observando-se a Figura 1, os experimentos não apresentaram o mesmo delineamento dos dados durante o processo fermentativo.

Figura 1: Cinética do aumento proteico do resíduo eixo central de jaca (*Artocarpus heterophyllus* Lam.) para os experimentos analisados durante às 96 h do processo de fermentação semissólida



Fonte: Dados da Pesquisa.

Logo após às 72 h, notou-se um decaimento do aumento proteico. Essa tendência provavelmente está associada à limitação dos carboidratos disponíveis, pois esses são mais rapidamente metabolizados quando se tem maior concentração de leveduras adicionadas ao substrato consoante a Campos et al. (2005) e/ou a um total esgotamento nutricional no meio, acarretando na redução do crescimento da levedura, inviabilizando a conversão da biomassa em produtos e, conseqüentemente, reduzindo o aumento proteico (SANTOS et al., 2013).

Considerando que o valor de probabilidade de 90% ($P < 0,10$) de confiança é satisfatório, foi possível estabelecer um modelo de primeira ordem (Equação 2), onde C_L é a concentração de levedura e T é a temperatura de fermentação, mostrando como resposta uma função AP (aumento proteico), cujos valores dos coeficientes foram obtidos pelo programa Statistica 8.0. Na equação do modelo empírico, o coeficiente que teve efeito significativo na resposta, ao nível de 90% de confiança, é mostrado em destaque.

$$AP = 92,71 + 24,37.C_L + 1,53 C_L^2 + 11,08 T + 2,48 T^2 - 20,03 C_L T + 0 \quad (\text{Equação 2})$$

O coeficiente de regressão (R^2) obtido foi igual a 0,8130. Isso significa que esse modelo de regressão prevê uma boa explicação da relação entre as variáveis independentes (C_L e T) e a resposta (AP), ou seja, o modelo proposto consegue explicar com 81,3% a variância da resposta. A avaliação estatística do modelo foi determinada pelo teste de Fisher para análise de variância que são mostrados na Tabela 7. Os resultados da ANOVA listados demonstram que o modelo estatístico é significativo e preditivo para a variável de interação C_L (L) e T (Q), considerando $p < 0,1$.

Tabela 7: Resultados da ANOVA para o aumento proteico

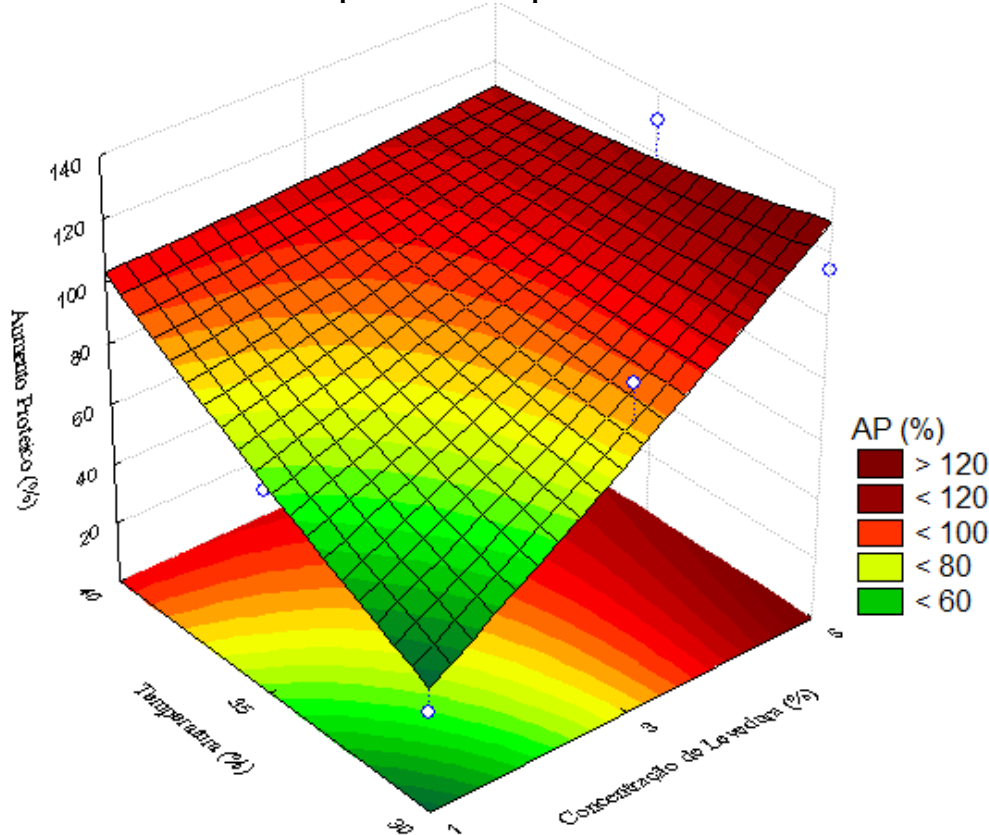
Fator	Soma Quadrática	Grau de Liberdade	Média Quadrática	F	P
$C_L(L)$	3562,407	1	3562,407	7,850619	0,067746
$C_L(Q)$	4,702	1	4,702	0,010362	0,925341
$T(L)$	737,042	1	737,042	1,624248	0,292259
$T(Q)$	12,334	1	12,334	0,027181	0,879533
Erro	1604,003	1	1604,003	3,534805	0,156678
Total SS	1361,322	3	453,774		

Fonte: Dados da Pesquisa.

A Figura 2 ilustra a superfície de resposta que foi obtida pela técnica Metodologia de Superfície de Resposta (MSR), da influência da concentração de levedura e da temperatura sobre a resposta AP (aumento proteico), buscando observar tendências.

Analisando o percentual do ganho proteico encontrado, notou-se que a concentração de levedura influenciou no processo. A partir da Figura 2, observou-se que a temperatura de 35 °C permitiu um desenvolvimento mais rápido da levedura, na concentração de 5% de inóculo, expressando o seu potencial máximo metabólico, apresentando melhores teores proteicos para o resíduo eixo central de jaca após 72 h de processo de fermentação semissólida. Consoante aos valores encontrados na Tabela 6, verifica-se que o experimento 8 alcançou maior aumento proteico de 130,8%, o que correspondeu a um percentual máximo de proteína bruta de 17,31%.

Figura 2: Superfície de resposta do efeito da concentração de levedura versus temperatura tendo como resposta o aumento proteico



Fonte: Dados da Pesquisa.

A utilização ou o aproveitamento do resíduo eixo central de jaca representa uma importante solução ambiental, podendo ser destinado ao bioprocessamento como matéria-prima para a geração de um novo produto. Como esse resíduo é um material de baixo custo, apresenta vantagem econômica porque se insere como insumo alternativo, reduzindo custos de processo tornando viável a produção de um determinado bioproduto de interesse.

Resíduos agroindustriais como farelos, cascas, palha, bagaços, resíduos de frutas e sementes usados como matéria-prima em bioprocessos podem ser considerados excelentes substratos para o crescimento de microrganismos, pois fornecem nutrientes essenciais ao seu desenvolvimento (PASTORE et al., 2013). Portanto, a fermentação semissólida do resíduo eixo central de jaca empregando a levedura *S. cerevisiae* foi eficiente para o enriquecimento proteico do resíduo, obtendo um suplemento proteico que poderá posteriormente ser utilizado para a formulação de novos produtos para a alimentação animal.




CONCLUSÕES

O resíduo eixo central *in natura* apresentou características físicas e químicas que indica a possibilidade de aproveitamento através do desenvolvimento de novo produto de valor agregado destinado ao consumo animal. A fermentação semissólida do resíduo eixo central utilizando a levedura *S. cerevisiae* elevou os teores de proteína bruta e, conseqüentemente, o aumento proteico do resíduo em relação ao substrato *in natura*, obtendo as maiores concentrações às 72 h do processo fermentativo.

O aumento proteico foi de 130,8%, correspondendo a uma proteína bruta de 17,31%, quando se utilizou a concentração de 5% de levedura e 35 °C. O emprego da *S. cerevisiae* na fermentação semissólida do eixo central, portanto, viabilizou a obtenção de um suplemento proteico que poderá posteriormente ser utilizado como fonte alternativa de maior potencial nutritivo na alimentação animal.

REFERÊNCIAS

- ALCÂNTARA, S. R.; SILVA, F. L. H. Solid state fermentation process for polygalacturonase production using cashew apple. **American Journal of Chemical Engineering**, v.2, n.3, p.28-34, 2014. doi: 10.11648/j.ajche.20140203.12
- ARAÚJO, L. F.; AGUIAR, E. M.; COELHO, R. R. P.; LUCIANO, R. C.; BERNADINO FILHO, R.; NAVARRO, L. A. O. Enriquecimento nutricional da casca da mandioca (*Manihot esculenta*, crantz) por processo biotecnológico destinado à alimentação animal. *Revista Raízes e Amidos Tropicais*, v.13, n.1, p.18-30, 2017. doi: 10.17766/1808-981X.2017v13n1p18-30
- CAMPOS, A. R. N.; SANTANA, R. A. C.; DANTAS, J. P.; OLIVEIRA, L. S. C.; SILVA, F. L. H. Enriquecimento proteico do bagaço do pedúnculo de caju por cultivo semissólido. **Revista de Biologia e Ciências da Terra**, v.5, n.2, 2005.
- CAMPOS, A. R. N. (2008). Enriquecimento nutricional da palma forrageira (opuntia ficus-indica mill): estudo experimental de ampliação de escala. 187 f. Tese (**Doutorado em Engenharia de Processos**). Universidade Federal de Campina Grande, Campina Grande-PB, 2008.
- CORREIA, R.; MAGALHÃES, M.; MACEDO, G. Protein enrichment of pineapple waste with *Saccharomyces cerevisiae* by solid state processing. **Journal of Scientific and Industrial Research**, v.66, p.259-262, 2007.
- COSTA, J.A.V.; TREICHEL, H.; KUMAR, V.; PANDEY, A. Advances in solid-state fermentation. In: Padey, A.; Larroche, C.; Soccol, C.R. (Eds.). Current developments in biotechnology and bioengineering. Amsterdam: **Elsevier**, 2018. Chap. 1, p.1-17, 2018. doi: 10.1016/B978-0-444-63990-5.00001-3.



FEITOSA, R. M. F.; QUEIROZ, A. J. M.; FIGUEIRÊDO, R. M. F.; MELO, J. C. S. Physicochemical and sensory evaluation of jackfruit cooked almonds. **Revista de Ciências Agroambientais**, v.15, n. 1, p.83-89, 2017. doi: 10.5327/rcaa.v15i1.2200

GERVASI, T.; PELLIZZERI, V.; CALABRESE, G.; DI BELLA, G.; CICERO, N.; DUGO, G. Production of single cell protein (SCP) from food and agricultural waste by using *Saccharomyces cerevisiae*. **Natural product research**, v.32, n.6, p.648-653, 2018. doi: 10.1080/14786419.2017.1332617

GODOY, M. G.; AMORIM, G. M.; BARRETO, M. S.; FREIRE, D. M.G. Agricultural residues as animal feed: protein enrichment and detoxification using solid-state fermentation. **Current Developments in Biotechnology and Bioengineering**, Elsevier, p.235-256, 2018. doi: 10.1016/B978-0-444-63990-5.00012-8

GOULD, G. W. Drying, raised osmotic pressure and low water activity. In: Gould, G.V. (ed). **Mechanisms of action of food preservation procedures**. Applied Science. London: Elsevier, 117p., 1989.

INSTITUTO ADOLFO LUTZ (São Paulo). Métodos físico-químicos para análise de alimentos. 4.ed. São Paulo: Instituto Adolfo Lutz, 2008. 1020p. http://www.ial.sp.gov.br/resources/editorinplace/ial/2016_3_19/analisedealimentosial_2008.pdf.

OLIVEIRA, M. M.; CAMPOS, A. R. N.; SANTOS, J. F.; OLIVEIRA, M. E. C.; GOUVEIA, J. P. G.; SILVA, F. L. H. Estudo do equilíbrio higroscópico da casca de abacaxi. **Tecnologia & Ciência Agropecuária**, v.3, n.3, p.63-66, 2009.

PASTORE, G. M.; BICAS, J. L.; MARÓSTICA JÚNIOR, M. R. **Biotecnologia de Alimentos**, v. 12 (Coleção ciência, tecnologia, engenharia de alimentos e nutrição). Editores Glaucia Maria Pastore, Juliano Lemos Bicas, Mário Roberto Maróstica Júnior. São Paulo: Editora Atheneu, 2013.

POLYORACH, S.; WANAPAT, M.; WANAPAT, S. Enrichment of protein content in cassava (*Manihot esculenta* Crantz) by supplementing with yeast for use as animal feed. *Emirates Journal of Food and Agriculture*, v.25, n.2, p.142-149, 2013. doi: 10.9755/ejfa.v25i2.10649

SANTOS, T. C.; ROCHA, T. J. O.; OLIVEIRA, A. C.; ABREU FILHO, G. A.; FRANCO, M. *Aspergillus niger* como produtor de enzimas celulolíticas a partir farelo de cacau (*Theobroma cacao*). *Arquivos do Instituto Biológico*, v.80, n.1, p.65-71, 2013. doi: 10.1590/S1808-16572013000100010

SANTOS, P. S.; SOLIDADE, L. S.; SOUZA, J. G. B.; LIMA, G. S.; BRAGA JÚNIOR, A. C. R.; ASSIS, F. G. V.; LEAL, P. L. Fermentação em estado sólido em resíduos agroindustriais para a produção de enzimas: uma revisão sistemática. **The Journal of Engineering and Exact Sciences**, v.4, n.2, p.181-188, 2018. doi: 10.18540/jcecvl4iss2pp0181-0188

SILVA, F. D. A. S., & AZEVEDO, C. A. V. The Assistat Software Version 7.7 and its use in the analysis of experimental data. **African Journal of Agricultural Research**, 11(39), 3733-3740, 2016. doi: 10.5897/AJAR2016.11522

SILVA, G. M. S.; COSTA, J. S.; CABRAL FILHA, M. C. S.; LIMA, A. B. S.; SILVA, O. S. Enriquecimento proteico do resíduo de abacaxi mediante fermentação semissólida. **Revista**



Verde de Agroecologia e Desenvolvimento Sustentável, v.11, n.5, p.39-44, 2016. doi: 10.18378/rvads.v11i5.4665

SILVA, J. L.; SILVA, O. S.; ALVES, F. M. S.; VIEIRA, N. C.; NASCIMENTO, A. M. Enriquecimento proteico de resíduo de umbu-cajá empregando fermentação semissólida. *Revista Verde de Agroecologia e Desenvolvimento Sustentável*, v.12, n.5, p.854-857, 2017. doi: 10.18378/rvads.v12i5.5572

SINGHANIA, R. R.; PATEL, A. K.; SOCCOL, C. R.; PANDEY, A. Recent advances in solid-state fermentation. *Biochemical Engineering Journal*, v.44, n.1, p.13-18, 2009. doi: 10.1016/j.bej.2008.10.019

SOARES, W. K. A.; PINHEIRO, L. D. S. S.; XAVIER, L. E.; ARAÚJO, J. S. F.; ALBUQUERQUE, T. N.; SILVA, O. S. Enriquecimento proteico de resíduos de caju (*Anacardium occidentale* L.) e goiaba (*Psidium guajava* L.) por via fermentativa. *Revista Brasileira de Gestão Ambiental*, v.14, n.2, p.235-238, 2020. doi: 10.18378/rbga.v14i2.7108

SOUSA, A. P. M; MACEDO, A. D. B; SILVA, A. P. F.; COSTA, J. D.; DANTAS, D. L.; APOLINÁRIO, M. O.; SANTANA, R. A. C; CAMPOS, A. R. N. Protein enrichment of jackfruit residues by semi-solid fermentation. *Brazilian Applied Science Review*, v.4, n.3, p.987-997, 2020a. doi: 10.34115/basrv4n3-019

SOUSA, A. P. M; CAMPOS, A. R. N; GOMES, J. P.; SANTANA, R. A. C; SILVA, A. P. F.; MACEDO, A. D. B; COSTA, J. D. Protein enrichment of jackfruit peel waste through solid-state fermentation. *Revista Brasileira de Ciências Agrárias*, v.15, n.1, e6406, 2020b. doi: 10.5039/agraria.v15i1a6406

SOUSA, A. P. M.; CAMPOS, A. R. N.; GOMES, J. P.; COSTA, J. D.; MACEDO, A. D. B.; SANTANA, R. A. C. Drying kinetics of jackfruit residues (*Artocarpus heterophyllus* Lam.). *Research, Society and Development*, v.10, n.2, e31510212610, 2021. doi: 10.33448/rsd-v10i2.12610

SOUZA, F. M.; AQUINO, L. C. L. Potencial da farinha de sementes de mangaba para a produção de lipase de *Aspergillus niger*: Influência da temperatura e umidade no processo. *Scientia Plena*, v.8, n.12 (b), p.1-5, 2012.

STATSOFT. Statistica (data analysis software system), version 8. 2007. <https://statistica.software.informer.com/8.0>.

SWAMI, S. B.; KALSE, S. B. Jackfruit (*Artocarpus heterophyllus*): Biodiversity, nutritional contents and health. *Bioactive Molecules in Food*. Reference Series in Phytochemistry. Springer, Cham. English. 2018. doi: 10.1007/978-3-319-54528-8_87-1

TEDESCO, M. J.; GIANELLO, C.; BISSANI, C. A.; BOHNEN, H.; VOLKWEISS, S. J. *Análises de solo, plantas e outros materiais* (Vol. 174). Porto Alegre: Ufrgs, 1995.

THOMAS L, LARROCHE C, PANDEY A. Current developments in solid-state fermentation. *Biochemical Engineering Journal*, v.81, p.146–161, 2013. doi: 10.1016/j.bej.2013.10.013.

VAN SOEST, P. J. *Nutritional ecology of the ruminant*. v. 1, 2ª Ed., 476 p., Ithaca: Cornell University, 1994.



WOO, S. M.; UYEH, D. D.; KIM, J.; HONG, D. H.; PARK, T.; HA, Y. S. A study on the optimal fermentation conditions for mixed by-products in livestock feed production. **Engineering in Agriculture, Environment and Food**, v.12, n.4, p.470-476, 2019b. doi: 10.1016/j.eaef.2019.09.001



CAPÍTULO 21

MAPEAMENTO DA IMPORTÂNCIA DA *MORINGA OLEIFERA* LAM. NO CENÁRIO ALIMENTÍCIO MUNDIAL FUNDAMENTADA EM BASE DE DADOS DE PATENTES

DOI: 10.47402/ed.ep.c202159121097

Danilo Lima Dantas, Doutorando em Química, UFRPE
Jéssica Raiane Barbosa da Silva, Graduada em Engenharia Química, UFCG
Ana Paula Moisés de Sousa, Doutora em Engenharia Agrícola, UFCG
Antonio Daniel Buriti de Macedo, Doutorando em Engenharia de Processos, UFCG
Marisa de Oliveira Apolinário, Doutora em Ciências Biológicas, Professora UFCG
Renato Alexandre Costa de Santana, Doutor em Engenharia de Processos, Professor UFCG
Juliano Carlo Rufino de Freitas, Doutor em Química Orgânica, Professor UFCG
Ana Regina Nascimento Campos, Doutora em Engenharia de Processos, Professora UFCG

RESUMO


A *Moringa oleifera* Lam. é uma planta indiana rica nutricionalmente e utilizada para diversas finalidades, como uso em medicamentos, cosméticos e fins alimentícios. Diante das potencialidades dessa planta, objetivou-se realizar um mapeamento prospectivo através da análise dos depósitos de patentes relacionados à sua aplicação no ramo alimentar, visando avaliar o impacto de sua utilização dentro dos meios de produção mundiais. O mapeamento prospectivo foi realizado utilizando os descritores “*Moringa oleifera* Lam.” e “Mallungay” em 11 bancos de patentes nacionais e internacionais, com os dados analisados e tabulados em planilha eletrônica e dispostos por meio de gráficos. Foram obtidas 362 patentes voltadas ao uso no ramo alimentar, sendo a China o país detentor do maior número de patentes, com 259 depósitos, correspondendo a 71,55 % do total das patentes, sendo suas aplicações voltadas principalmente para a elaboração de produtos não alcoólicos, produtos farináceos, dentre outros.

PALAVRAS-CHAVE: Prospecção tecnológica, Moringa, Alimentação.

INTRODUÇÃO

O crescimento populacional e o aumento da expectativa de vida implicaram em mudanças profundas em diversas áreas sociais, tais como saúde, meio ambiente e alimentação (FONTANA et al., 2015). Dentre essas áreas, a alimentação vem ganhando um destaque especial dentro dos meios de produção e nas políticas públicas de toda humanidade, especialmente devido ao crescimento de casos de fome no mundo (PRADO et al., 2016).

Segundo relatório da Organização das Nações Unidas (ONU) divulgado em 2017 houve aumento significativo no número de casos de fome extrema no mundo, passando de 815 milhões para 821 milhões de casos em apenas um ano (BRASIL, 2017; FAO, 2018). Dentre os fatores




responsáveis por esse cenário pode-se ressaltar o acesso desigual aos alimentos por parte da população e pela dificuldade de se obter produtos nutritivos com preços de produção acessíveis para a população em geral (MEDINA et al, 2019).

Os meios de produção de todo mundo vêm buscando cada vez mais fontes alimentares sustentáveis e nutritivas (FERREIRA; COELHO, 2017). Segundo Clarke et al. (2018) a indústria verde é um ramo que mais cresce, movimentando um contingente de 200 milhões de dólares anuais. Dentre as inúmeras fontes que vem movimentando estudos em todo mundo para aplicações para fins alimentícios, a planta *Moringa oleifera* Lam. (*M. oleifera* Lam.) vem sendo vista como uma alternativa promissora, principalmente devido a sua grande resistência a condições morfoclimáticas distintas, rápido desenvolvimento e grande número de aplicações (OYEYINKA; OYEYINKA, 2018; CHHIKARA et al, 2020).

A *M. oleifera* Lam. é uma planta proveniente do continente asiático e pertence à família das moringáceas, sendo a espécie que melhor se adapta à mudanças climáticas dentre as 13 espécies pertencentes ao gênero *Moringa*. No continente asiático, o seu plantio se difundiu rapidamente e tornou-se presente na história de grandes civilizações, a citar egípcia, grega e romana na forma de alimento, medicamento e como coagulante de água (VAZ et al, 2010; ALMEIDA et al., 2017; DANTAS, 2018; DANTAS et al., 2020). Apesar de seus inúmeros benefícios, sua difusão em outros continentes veio apenas séculos depois, sendo seus relatos apenas em meados do século XIX. No continente africano essa planta popularizou-se sobretudo devido à sua riqueza nutricional, sendo utilizada nas políticas do combate à desnutrição de todo continente, e popularizada no país com o nome árvore da vida (MAHFUZ; PIAO, 2019).

No Brasil os primeiros relatos da *M. oleifera* Lam. datam de 1950, sendo utilizada inicialmente como planta ornamental e ganhando posteriormente importância na região na coagulação de resíduos e usos alimentícios (GOPALAKRISHNAN, DORIYA, KUMAR, 2016; DANTAS et al, 2020). Almeida et al. (2017) ressaltam que de todas as regiões do Brasil, a região nordeste é a que apresenta as melhores condições morfoclimáticas para o cultivo da moringa.

Em relação as suas características nutricionais a *M. oleifera* Lam. apresenta vantagens quando comparada a outros vegetais, a citar: fornece 7 vezes mais vitamina C que a laranja, 10 vezes mais vitamina A que a cenoura, 17 vezes mais de cálcio que o leite, 9 vezes mais proteína que o iogurte, 15 vezes mais potássio que a banana e 25 vezes mais ferro do que o espinafre (GOPALAKRISHNAN; DORIYA; KUMAR, 2016).



Devido ao seu potencial nutricional vem sendo estudada como suplemento alimentício, sendo empregada de forma isolada ou associada a outros alimentos (MAHFUZ; PIAO, 2019). Khan et al. (2019) estudaram a elaboração de chocolate fortificado com *M. oleifera* Lam. afim de melhorar as características convencionais do chocolate. Os autores perceberam resultados satisfatórios com a adição de 10 até 20% da farinha de *M. oleifera* Lam. na composição do chocolate, e permitiu uma melhora nas qualidades nutricionais desse alimento sem que houvesse prejuízo significativo em suas propriedades organolépticas.

O aproveitamento dessa moringácea não é unicamente restritivo à questão alimentar, a partir estudos científicos acerca dessa planta tem-se percebidos inúmeras outras aplicações, tais como: tratamento de água residual, na indústria farmacêutica, na indústria de cosméticos, etc. (VAZ et al, 2010; VILLARRUEL-LÓPEZ et al., 2018).

A importância econômica pode ser constatada pelo número crescente de estudos prospectivos (GAMA et al., 2014; ALMEIDA et al, 2017; OLIVEIRA et al., 2012). Esse tipo de estudo possibilita analisar o impacto de uma dada tecnologia na sociedade, permitindo com isso traçar melhores metodologias de uso para um dado produto. Além disso, permite prever o comportamento do mercado, podendo ser um dos fatores que possam assegurar melhores resultados na sua aplicação (LIMA et al., 2019).

Diante das potencialidades apresentadas, este estudo prospectivo objetivou realizar o mapeamento tecnológico, a nível global, a partir de busca de patentes relacionadas a aplicação da *M. oleifera* Lam. no cenário alimentar, afim de fornecer subsídios para futuros investimentos nesta tecnologia.

METODOLOGIA

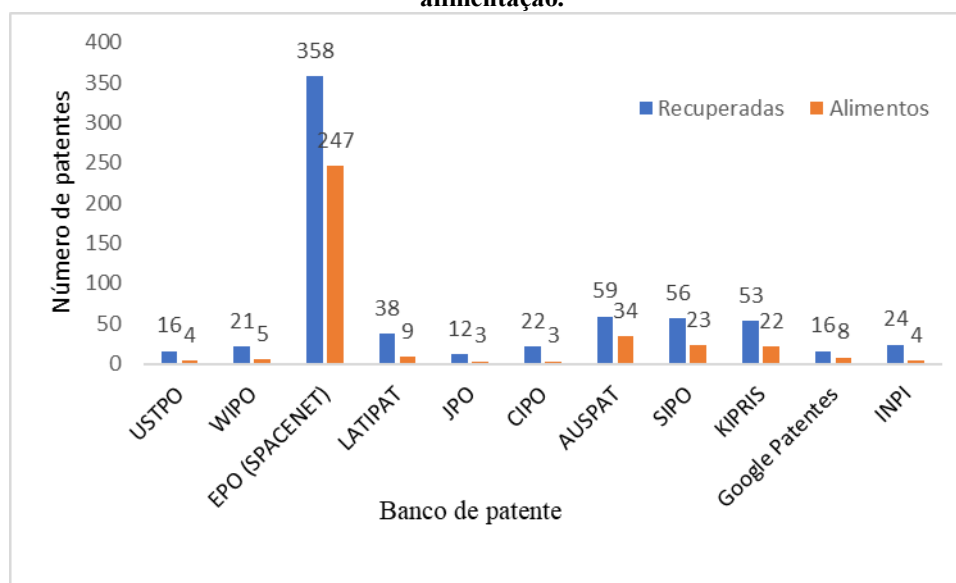
O mapeamento tecnológico foi realizado a partir da análise de patentes depositadas em bancos de patentes até o período de agosto de 2020. Foram escolhidos 11 bancos, nacionais e internacionais, escolhidos devido ao seu amplo acervo de dados, gratuidade e grande representatividade das suas informações acerca do impacto social-tecnológico. Os bancos escolhidos para o mapeamento foram: o Banco Americano de Patentes (USTPO), a Organização Mundial de Propriedade Intelectual (WIPO), o Instituto Nacional de Propriedade Intelectual (INPI), o Banco Europeu de Patentes (EPO), o Banco Latino-Americano de Patentes (LATIPAT), o Banco Japonês de Patentes (JPO), o Banco Canadense de Patentes (CIPO), o Banco Australiano de Patentes (AUSPAT), o Escritório de Patentes da China (SIPO), Escritório Coreano de Patentes (KIPRIS) e o Google Patents.

As pesquisas foram realizadas a partir dos termos “*Moringa oleifera* Lam.” e “Mallungay” (nome atribuído em diversas regiões do mundo). Os documentos obtidos foram separados, analisados e tabulados em planilha eletrônica, tendo como critérios de análise o ano de depósito, país depositante, as áreas de aplicação e o código de Classificação Internacional de Patentes (CIP).

RESULTADOS

Analisando os depósitos de patentes acerca da aplicação no cenário alimentício global observou-se um crescimento significativo de depósitos de patentes relacionados a elaboração de produtos com *M. oleifera* Lam. Após a busca foram recuperadas 675 patentes relacionadas a utilização da moringa, no entanto, constatou-se que um pouco mais da metade (362) era relacionado a aplicações no ramo alimentar. A distribuição do total de documentos por bancos de depósitos está apresentada na Figura 1.

Figura 1: **Total de patentes recuperadas e triagem com aplicação da *Moringa oleifera* Lam. na alimentação.**



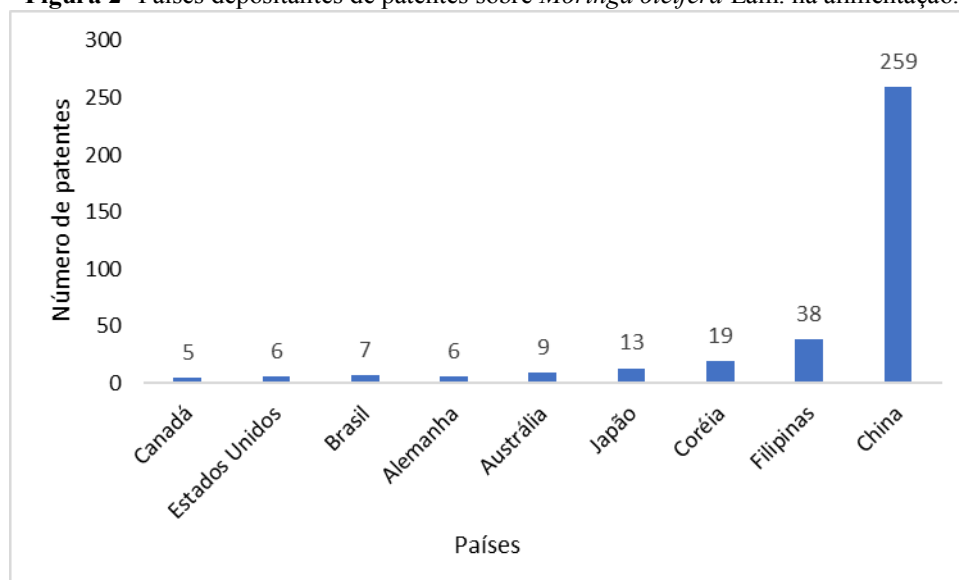
Fonte: Autor

A plataforma SPACENET apresentou maior número de depósitos, podendo-se explicar essa predominância por este ser um dos maiores bancos de depósitos de patentes mundiais, com participação de mais de 130 país, além de apresentar acesso gratuito e ter uma interface de fácil pesquisa.

Os países depositantes das patentes voltadas para o ramo alimentício estão exibidos na Figura 2. A partir dos dados sintetizados pode-se observar uma disparidade no número de patentes ao se comparar a China aos demais países, que concentra 71,56% do total de patentes depositadas sobre a *M. oleifera* Lam. Ressalta-se ainda que os países do continente americano,

possui um baixo número de patentes depositadas, sendo o Brasil responsável por apenas 1,93% do total das patentes recuperadas.

Figura 2- Países depositantes de patentes sobre *Moringa oleifera* Lam. na alimentação.



Fonte: Autor

Uma provável justificativa na predominância no número de patentes acerca da *M. oleifera* Lam. depositadas por países asiáticos podem ser os fatores culturais e econômicos envolvidos com a utilização dessa planta. A moringa já é utilizada milenarmente nesse continente, tendo um desenvolvimento eficiente e sendo difundida intensamente em diversos pratos culinários (PADAYACHE; BAIJNATH, 2020). Outro fator que fortalece a exploração dessa planta é o alto investimento econômico em pesquisa científica por parte dos países desse continente, principalmente a China. Esse país investiu desde o ano de 1980 um capital crescente em pesquisas sendo o líder de investimentos no continente asiático (NONNENBERG, 2010; ARBIX et al., 2018).

Filipinas foi o segundo país que mais depositou patentes sobre a *M. oleifera* no ramo alimentar, e é um grande investidor em pesquisas, sendo um dos principais motores econômicos presentes no país a Pesquisa e Desenvolvimento (P&D) (BRASIL, 2013), favorecendo com isso a exploração alimentar dessa planta. Com relação aos outros países depositantes, a Coreia e o Japão historicamente utilizam a *M. oleifera* Lam. em especial na forma de chás, o que movimenta parte considerável da economia desses países.

O baixo número de documentos depositados pelos países pertencente a América do Norte pode explicado possivelmente devido a fatores climáticos que dificultam o cultivo dessa planta, principalmente as variações pluviométricas intensas agregadas e as baixas temperaturas ocorridas nos países durante grande parte do ano dificultando com isso o cultivo e a exploração



da *M. oleifera* Lam. (GOPALAKRISHNAN, DORIYA, KUMAR, 2016).

Constatou-se que o Brasil, apesar de possuir um número significativamente menor que os países pertencentes ao continente asiático, liderou os depósitos de patentes relacionadas à aplicação alimentícia no continente americano. Esse número crescente de pesquisas deve-se a inúmeros fatores, a citar: aumento de investimentos por parte de empresas públicas e privadas, a simplificação dos processos burocráticos nas pesquisas vindas a partir de emendas constitucionais como a lei nº 11.196, de 21 de novembro de 2005, popularmente conhecida como Lei do Bem, que destaca uma redução tributária para as empresas que investem em pesquisas científicas e em inovações tecnológicas (BRASIL, 2014).

Outros grandes impulsionadores do P&D no Brasil foram a Lei do Marco Legal e a Lei da Inovação. A lei nº 13.243/16 conhecida como Lei do Marco Legal teve suas disposições iniciais na década de 90, foram propostas emendas constitucionais que viabilizassem uma redução da burocracia no acesso de recursos aos subsídios para pesquisa. Essa lei surgiu algumas décadas mais tarde, no ano de 2016, propondo como ênfase a cooperação entre o setor público e privado, facilitando o acesso de subsídio para pesquisas, aproximando o setor público do privado (BRASIL, 2014; BRASIL, 2017).

A Lei da Inovação (nº 10.973) teve como intuito descentralizar as pesquisas científicas em uma única região do país através do fortalecimento do crédito para subsidiar pesquisas, simplificar avaliações de patentes e incentivar a competitividade e cooperação entre os diversos âmbitos tecnológicos no Brasil (BRASIL, 2017).

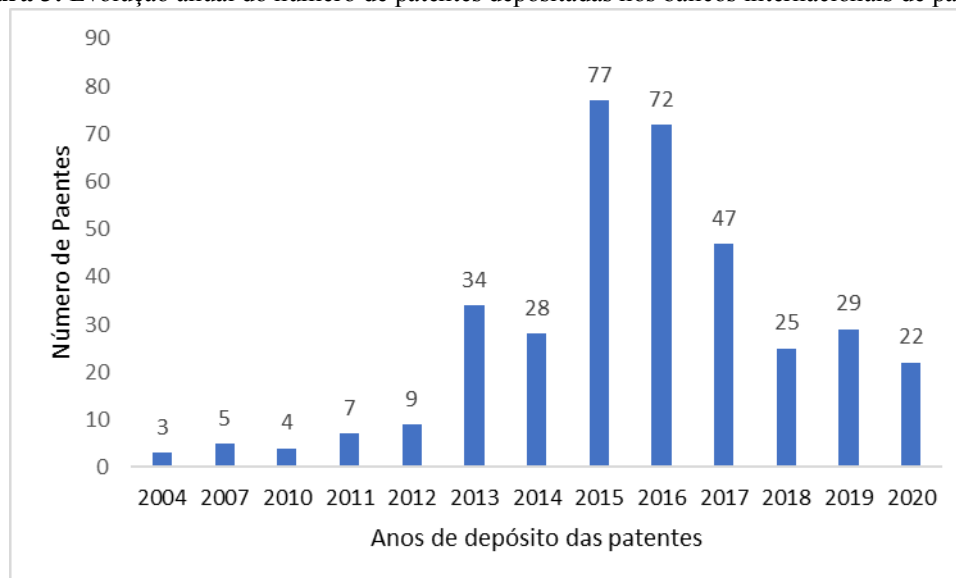
Em relação ao depósito anual de patentes demonstrados na Figura 3 pode ser constatado um contínuo crescimento ao longo dos anos até 2015. Outro fato notório nos dados obtidos foi o aumento considerável no número de pesquisas com a *M. oleifera* Lam. entre os anos de 2015 e 2016, seguido de decréscimo nos anos seguintes.

O baixo número de depósitos de patentes no início dos anos 2000 pode estar ligado fundamentalmente a questões econômicas como à crise econômica nos Estados Unidos no final de 2007 e que durou até 2010, causando uma redução drástica nos investimentos em pesquisas de diversos países (TERVALA, 2019), além de poucos conhecimentos sobre usos e propriedades acerca dessa planta, sobretudo no continente americano.

Esta tendência de crescimento do número de depósitos de patentes, envolvendo a planta em questão, está associada às políticas públicas relacionadas ao combate à fome no mundo e à promoção de uma alimentação saudável com uso de matérias-primas sustentáveis (BRASIL,

2017), uma vez que devido suas características de desenvolvimento e aproveitamento a *M. oleifera* pode ser considerada uma matéria-prima sustentável (DANTAS, 2018).

Figura 3: Evolução anual do número de patentes depositadas nos bancos internacionais de patentes.



Fonte: Autor

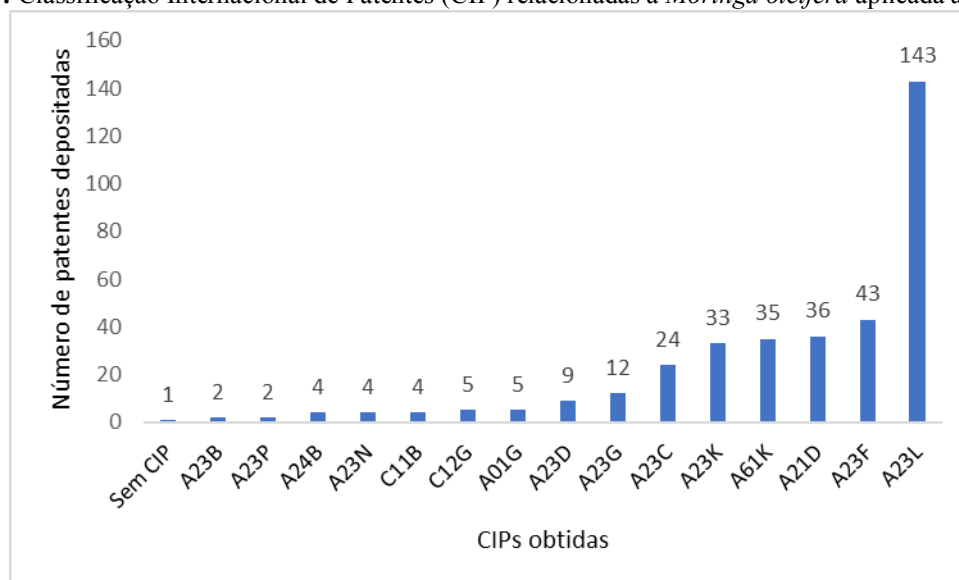
A partir de 2011, com o início da recuperação econômica, os países asiáticos ampliaram os seus investimentos no campo tecnológico (ARBIX et al., 2018), atingindo o máximo de depósitos de patentes da tecnologia em questão no ano de 2015, em que o investimento da China se equiparou aos investimentos dos 28 países da União Europeia (RIVERA, 2014), gerando uma onda de competitividade tecnológica no mercado. Nos anos de 2017 a 2018 a China entrou em recessão, o que desencadeou a estagnação do seu PIB, afetando significativamente os depósitos de patentes da China e também de seus países parceiros, como Coreia e Filadélfia (HIRATUKA, 2018).

O ano de 2019 foi um ano de grande crescimento econômico no continente asiático, causando uma movimentação no mercado e tendo um crescimento em toda economia, porém no início de 2020 com a pandemia do novo coronavírus, a parada imediata das indústrias e também dos centros comerciais afetou de forma direta a economia asiática e também de seus países parceiros econômicos, posteriormente, desencadeando uma crise econômica global, que poderá causar dentre suas principais consequências, queda no depósitos de patentes e também nas pesquisas científicas nos períodos posteriores a pandemia (GUILLEN, 2019; USMAN et al., 2020).

Com relação as principais aplicações das patentes recuperadas observadas a partir da análise da Classificação Internacional de Patentes (CIP) constatou-se um elevado número de patentes depositadas no código A23L (Figura 4) que está ligada a aplicações para consumo

humano, em especial na forma de bebidas não alcoólicas, seguida pelas CIPs A23F e A23K que estão relacionados a cafés, chás e também suplementos alimentícios respectivamente.

Figura 4: Classificação Internacional de Patentes (CIP) relacionadas a *Moringa oleifera* aplicada à alimentos.




Fonte: Autor

Esse elevado número de patentes voltadas a elaboração de bebidas não alcoólicas a partir da *M. oleifera* Lam. apresenta uma relação direta com a economia dos países asiáticos, sobretudo a China, que é líder mundial na produção de chás e também apresenta um investimento histórico na pesquisa de alimentos tais como bebidas não alcoólicas em geral e também tendo um acentuado consumo de produtos farináceos (SANTOS; BATALHA; PINHO, 2012).

Diante deste mapeamento prospectivo destaca-se que há uma projeção de crescimento no número de depósitos de patentes acerca do uso alimentício da *M. oleifera* Lam. sobretudo devido à crescente procura por fontes nutritivas e sustentáveis de alimentos, prevendo-se que a liderança nas pesquisas a cerca dessa planta seja pela China, devida a forte utilização histórica dessa planta. Em relação ao continente americano, há uma grande possibilidade que o Brasil nos próximos anos tenha crescimento de pesquisas nos depósitos de patentes sobre a moringa, principalmente devido à grande adaptabilidade morfoclimática dessa planta ao clima do país e a grande riqueza de compostos presentes.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

A partir do exposto pode-se destacar que apesar de ser muito útil nutricionalmente e de rápido desenvolvimento, a *M. oleifera* Lam. ainda não é muito difundida no ocidente,



principalmente para uso alimentar, tendo em vista o maior número de patentes orientais depositadas.

Além disso, é importante ressaltar que o grande número de compostos bioativos e nutricionais torna essa planta uma poderosa candidata não apenas no setor alimentício, mas também em diversas outras áreas de outras produções.

AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem a CAPES pela bolsa de doutorado atribuída ao aluno Danilo Lima Dantas.

REFERÊNCIAS

ALMEIDA, C. B. L.; SÁ, C. C.; CARVALHO, R. C. D.; ALMEIDA, E. S. Estudo Prospectivo da Moringa na Indústria de Cosméticos. **Cadernos de Prospecção**, v.10, n.4, p. 905-918, 2017.

ARBIX, G.; MIRANDA, Z.; TOLEDO, D.; ZANCUL, E. Made in China 2025 e industrie 4.0: a difícil transição chinesa do catching up à economia puxada pela inovação. **Tempo Social**, v. 30, n. 3, p. 143-170, 2018.

AUSPAT [Base de dados – Internet]. AUSTRALIAN PATENT OFFICE. Disponível em: <<http://pericles.ipaustralia.gov.au/ols/auspat/quickSearch.do>>. Acesso em agosto de 2020.


BRASIL. **Documentos Temáticos: Objetivos Sustentáveis 2017**. Disponível em: <<https://www.undp.org/content/dam/brazil/docs/publicacoes/documentos-tematicos-ods-07-2017.pdf>> Acesso em agosto de 2020.

BRASIL. **Marco Legal De Ciência, Tecnologia E Inovação (Lei 13.243/16) (cartilha)**, imprensa ANDES: Brasília, 2017. Disponível em: <<http://portal.andes.org.br/imprensa/documentos/imp-doc-1508946885.pdf>>. Acesso em agosto de 2020.

BRASIL. **Como exportar nas Filipinas**. Ministério das Relações Exteriores, 97p, 2013. Disponível em: <<https://investexportbrasil.dpr.gov.br/arquivos/Publicacoes/ComoExportar/CEXFilipinas.pdf>>. Acesso em agosto de 2020.

BRASIL. **Relatório Anual de atividades PeD: Utilização Dos Incentivos Fiscais à Inovação Tecnológica, lei do bem**. Ministério da Ciência, Tecnologia, Inovações e Comunicações, 86f, 2014. Disponível em: <http://www.mctic.gov.br/mctic/export/sites/institucional/arquivos/veja_tambem-lei_bem/Relatorio-Anual-Lei-11.196-05-Ano-Base-2016-Retificado.pdf>. Acesso em agosto de 2020.

CHHIKARA, A.; KAUR, A.; MANN, S.; GARG, S. A. S.; PANGHALL, A. Bioactive compounds, associated health benefits and safety considerations of *Moringa oleifera* L.: an updated review. **Nutrition & food Science**, p.1-24, 2020.



CIPO [Base de dados – Internet] CANADIAN INTELLECTUAL PROPERTY OFFICE. Disponível em: <<http://www.ic.gc.ca/opic-cipo/cpd/eng/search/advanced.html>>. Acesso em agosto de 2020.

CLARKE, C. J.; TU, W. C.; LEVERS, O.; BROHL, A.; HALLET, J. P. Green and Sustainable Solvents in Chemical Processes. **Chemistry Reviews**, n.2, v. 118, p. 747-800, 2018.

DANTAS, D. L. Elaboração de produto farináceo a partir da semente de *Moringa oleifera* Lam. Monografia. Licenciatura em Química. Universidade Federal de Campina Grande, 46f, Cuité, Paraíba, 2018.

DANTAS, D. L.; SANTANA, R. A. C.; CAMPOS, A. R. N.; SOUSA, A. P. M.; COSTA, J. D.; OLIVEIRA, J. A. M.; ALMEIDA, A. F.; APOLINÁRIO, M. O. Estudo toxicológico das sementes de *Moringa oleifera* Lam. utilizando o teste com *Artemia salina* Leach. **Research, Society and Development**, v.9, n.9, e457997332, 2020.

ESTADÃO. Venda de banco dos EUA derruba bolsas na Europa e Ásia. **ESTADÃO**, São Paulo, 2008. Disponível em: <<https://economia.estadao.com.br/noticias/geral,venda-de-bancos-eua-derruba-bolsas-na-europa-e-asia,141510>>. Acesso em agosto de 2020.

FERREIRA, A. S.; COELHO, A. B. O Papel dos Preços e do Dispêndio no Consumo de Alimentos Orgânicos e Convencionais no Brasil. **Rev. Econ. Sociol. Rural**, v. 55, n. 4, p. 625-640, 2017.

FONTANA, R. L. M.; COSTA, S. S.; SILVA, J. A. B.; RODRIGUES, A.J. Teorias Demográficas e o Crescimento Populacional no Mundo. **Ciências Humanas e Sociais**, v.3, n. 2, p.113-124, 2015.

GAMA, G.; SILVA, G. F.; BARRETO, L. C. O.; OLIVEIRA, D. S.; GOIS, J. M. V.; SANTOS, J. A. B. *Moringa oleifera* Lam. Identification of opportunities for the brazilian market through patent landscape analysis. **Revista Geintec**, v.4, n.2, p. 925-939, 2014.

GUILLEN, A. USA's trade policy in the context of global crisis and the decline of North American hegemony. **Brazilian Journal of Political Economy**, vol. 39, nº 3, pp. 387-407, 2019.


GOOGLE PATENTS [Base de dados – Internet]. Disponível em <<https://patents.google.com/>>. Acesso em agosto de 2020.

GOPALAKRISHNAN, L.; DORIYA, K.; KUMAR, D. S. *Moringa oleifera*: A review on nutritive importance and its medicinal application. **Food Science and Human Wellness**, v. 5, n. 2, p.49-56, 2016.

HIRATUKA, C. Mudanças na estratégia chinesa de desenvolvimento no período pós-crise global e impactos sobre a AL. Texto para Discussão. **Unicamp**. IE, n. 339, 2018.

INPI [Base de dados – Internet]. INSTITUTO NACIONAL DA PROPRIEDADE INDUSTRIAL. Disponível em: <<http://www.inpi.gov.br>> Acesso em agosto de 2020.

JPO [Base de dados – Internet]. JAPAN PATENT OFFICE. Disponível em: <<http://www.jpo.go.jp>>. Acesso agosto de 2020.



KHAN, A. Q.; ULLAH, N.; KHAN, N.; ASHRAF, M.; KASHIF, M.; AHMAD, S.; REHMAN, H.U. Qualitative Evaluation of Nutritious Chocolate by Using *Moringa Oleifera* Leaves Powder. **International Journal of Biosciences**, v.14, n.1, p.75-89, 2019.

KIPRIS [Base de dados – Internet]. KOREA INTELLECTUAL PROPERTY RIGHTS INFORMATION SERVICE. Disponível em: <<http://eng.kipris.or.kr/enghome/main.jsp>>. Acesso em agosto de 2020.

LATIPAT [Base de dados – Internet]. LATIN AMERICAN PATENT OFFICE. Disponível em: <https://lp.Spacenet.com/advancedSearch?locale=es_LP>. Acesso em agosto de 2020.

LIMA, J. A. C.; FREITAS, J. R.; SILVA, J. F.; FILHO, M. C.; FREITAS, J. C. R. O Estado da Técnica do Eugenol: Uma Prospecção Tecnológica Fundamentada em Base de Dados de Patentes e Periódicos. **Revista Virtual de Química**, v.11, n.3, p.699-719, 2019.

MAHFUZ; S.; PIAO, X. S. Application of Moringa (*Moringa oleifera*) as Natural Feed Supplement in Poultry Diets. **Animals**, v.9, p.1-19, 2019.

MEDINA, L. P. B.; BARROS, M. B. A.; SOUSA, N. F. S.; BASTOS, T. F.; LIMA, M. G.; SZWARCOWALD, C. L. Desigualdades sociais no perfil de consumo de alimentos da população brasileira: Pesquisa Nacional de Saúde, 2013. **Revista Brasileira de Epidemiologia** v. 22, supl. 2, E190011., 2019.

NONNENBERG, M. J. B. China: Estabilidade e crescimento econômico. **Revista de Economia Política**, v. 30, n. 2, p. 201-218, 2010.

OLIVEIRA, D.; MORAIS, F.; CÂNDIDA, M.; SANTANA, M.; SOUZA, N.; GAMA, G.J.; SILVA, G.F. Utilização de Aditivos Naturais a partir da Moringa oleifera Lam. para o Melhoramento da Estabilidade Oxidativa do Biodiesel. **Revista Geintec**, v.2, n.5, p. 490-504, 2012.


ORGANIZACIÓN DE LAS NACIONES UNIDAS PARA LA ALIMENTACIÓN Y LA AGRICULTURA (FAO). **El estado de la seguridad alimentaria y la nutrición en el mundo 2018**. Disponível in: < <http://www.fao.org/3/I9553ES/i9553es.pdf> > Acesso em agosto de 2020.

OYEYINKA, A. T.; OYEYINKA, O. S. *Moringa oleifera* as a Food Fortificant: Recent Trends and Prospects. **Journal of the Saudi Society of Agricultural Science**, v.17, n.2, p. 127-136, 2018.

PADAYACHEE, B.; BAIJNATH, H. An updated comprehensive review of the medicinal, phytochemical and pharmacological properties of Moringa oleifera. **South African Journal of Botany**, v.129, p.304-316, 2020.

PRADO, S. D.; SANTOS, L. A.; SILVA, L. F.; ARNAIZ, M. G.; BOSI, M. L. M. **Estudos socioculturais em alimentação e saúde: saberes em rede**. EDUERJ, v.5, 487p., 2016.

RIVERA, A. A China já se equipara à União Europeia em pesquisa e desenvolvimento. **EL PAÍS**. Madri, 2018. Disponível em: <https://brasil.elpais.com/brasil/2014/08/29/sociedad/1409339771_849536.html>. Acesso em janeiro de 2019.



SANTOS, D. T.; BATALHA, M. O.; PINHO, M. A. evolução do consumo de alimentos na China e seus efeitos sobre as exportações agrícolas brasileiras. **Revista de Economia Contemporânea**, v. 16, n. 2, p. 333-358, 2012.

SIPO [Base de dados – Internet]. PROPERTY OFFICE OF CHINA. Disponível em: <<http://english.sipo.gov.cn/>>. Acesso em agosto de 2020.

SPACENET [Base de dados – Internet]. EUROPEAN PATENT OFFICE. Disponível em: <<http://www.Spacenet.com>>. Acesso em agosto de 2020.

TERVALA, J. U. S. monetary policy and China's exchange rate policy during the great recession. **International Journal of finance and economics**, v.24, n.1, p. 113-130, 2019.

USTPO [Base de dados – Internet]. United States Patent and Trademark Office. Disponível em: <<http://www.uspto.gov>>. Acesso em agosto de 2020.

USMAN, M.; ALI, Y.; RIAZ, A.; RIAZ, A., ZUBAIR, A. Economic perspective of coronavirus (COVID-19). **Journal Public Affairs**, e2252., 2020.

VAZ, L. G. L.; KLEN, M. R. F.; VEIT, M. T.; SILVA, E. A., B.; APARECIDA, T; BERGAMASCO, R. Avaliação da eficiência de diferentes agentes coagulantes na remoção de cor e turbidez em efluente de galvanoplastia. **Eclética Química**, v. 35, n. 4, p. 45-54, 2010.

VILLARRUEL-LÓPEZ, A.; MORA, D. A. L.; PAULINO, O. D.V.; MORA, A. G. P.; VITELA, M. R. T.; GUERRERO-QUIROZ, L. A.; NUÑO, K. Consumption On Diabetic Rats. **Complementary and Alternative Medicine**, v.18, p.1-10, 2018.

WIPO [Base de dados – Internet]. WORLD INTELLECTUAL PROPERTY ORGANIZATION. Disponível em: <<http://www.wipo.int>>. Acesso em agosto de 2020.



CAPÍTULO 22

AGRICULTURA ORGÂNICA E FAMILIAR: CONCEPÇÕES, POLÍTICAS E ASPECTOS LEGAIS

DOI: 10.47402/ed.ep.c202154522097

Antônio Soares Junior da Silva, Professor do Colegiado de Pedagogia do IFPR – campus Palmas

Demóstenes Dantas Vieira, Doutor em Linguística, UFPE

Sofia Bonfim Alves Palhares, Aluna do Programa de Pós-graduação em Ensino de Ciências e Matemática, IFTM

Maria Clara Coutinho Macedo, Doutoranda em Ciência de Alimentos, UFMG

Samuel Hübner, Pós-graduado em Supervisão Escolar, Assessor Pedagógico na Secretaria Municipal de Educação de Venâncio Aires

RESUMO


Este trabalho, de cunho bibliográfico, propõe uma discussão acerca das concepções de agricultura familiar e produção orgânica. Para tanto, utilizamos as contribuições de Ormond (2002), Azevedo (2012), Wanderley (1999/2000), Saquet (2017), dentre outros. O trabalho dedica-se também a analisar políticas públicas e os aspectos legais acerca da produção orgânica no país, além de realizar breve levantamento de dados coletados no último censo agropecuário. Os resultados apontam para importância da agricultura familiar para o desenvolvimento das comunidades locais e sugere que a produção orgânica tem potencial de crescimento em face das controvérsias alimentares da vida contemporânea.

PALAVRAS-CHAVE: agricultura familiar, produção orgânica, aspectos legais.

INTRODUÇÃO

A agricultura familiar e a produção orgânica são temáticas que têm suscitado diversos interesses na sociedade. A agricultura familiar caracteriza-se fundamentalmente pelo trabalho familiar na exploração agropecuária e pela propriedade dos meios de produção. A princípio, parte-se do pressuposto de que o objetivo da agricultura orgânica é trabalhar de forma sinérgica com sistemas agrícolas complexos, proporcionando interações ecológicas correlacionadas entre os componentes biológicos, ocasionando a possibilidade de os mesmos criarem a fertilidade do solo, a produtividade e a proteção das culturas.

Em vista disso, adotamos como objetivo geral analisar as concepções acerca da produção orgânica e agricultura familiar. Por sua vez, os objetivos específicos consistem em:



refletir sobre a agricultura orgânica como uma ciência e analisar os aspectos legais referentes à produção orgânica no país.

Vale salientar a relevância desse estudo, tendo em vista que o mesmo pode subsidiar políticas públicas para o desenvolvimento da agricultura familiar e da produção orgânica, além de contribuir para o aprofundamento e expansão desse modelo de agricultura para diversas comunidades locais e cooperativas distribuídas pelo país.

CONSIDERAÇÕES SOBRE A AGRICULTURA FAMILIAR

A agricultura familiar é parte fundamental na história e no desenvolvimento de nosso país. A agricultura e a agropecuária familiar têm um papel social com demandas gigantescas do ponto de vista econômico, e conseqüentemente, na promoção da distribuição de renda e da melhoria da qualidade de vida daqueles que vivem e produzem na zona rural.


Conforme Wanderley (2000) a importância da agricultura familiar tem sido reconhecida oficialmente, passando a ser analisada e fomentada no intuito de promover uma agricultura alternativa ao padrão econômico da modernidade vigente aplicado a agricultura brasileira, excluindo e segregando a maioria dos produtores familiares. Assim sendo, a agricultura familiar passa a se afirmar como uma categoria expressiva no meio rural brasileiro.

Do ponto de vista teórico, a análise acadêmica da produção familiar no Brasil é sintetizada em duas vertentes principais, como afirma Marafon (2006, p. 18):

uma que centra a análise na categoria Agricultura Familiar, derivado, sobretudo, do estudo elaborado conjuntamente pela FAO/INCRA (1994) e que passou a orientar as políticas de desenvolvimento rural implementadas pelo Estado Brasileiro; a outra, que preconiza a atualidade e eficácia do conceito de campesinato para a análise da produção em base familiar no Brasil, e que tem na luta pelo acesso à terra o eixo fundamental de análise.

Segundo Wanderley (1999), a agricultura familiar é conceito amplo e genérico que incorpora uma gama de situações distintas e próprias. Considerando nesta interface o campesinato como parte correspondente a uma dessas formas específicas dessa agricultura. Todavia, existe um consenso de estudiosos afirmando que "a produção familiar se caracteriza pelo trabalho familiar na exploração agropecuária e pela propriedade dos meios de produção" (MARAFON, 2006, p. 19).

A agricultura de propriedade familiar tem como características primordiais, a relação onde a gestão e o trabalho em estabelecimentos estão intimamente ligados. Nesse sentido, os meios de produção pertencem à família, e o trabalho é exercido por esses mesmos proprietários em uma área relativamente pequena ou média (MARAFON, 2006).



À vista disso, ressaltamos os estudos da FAO/INCRA (1994), contribuíram para o estabelecimento do Programa Nacional de Produção Familiar (PRONAF). O trabalho produziu uma classificação dos agricultores familiares brasileiros, conforme quadro 1.

Quadro 1: Classificação dos Agricultores Familiares.

Consolidados	Produtores considerados empresários do setor, com boa liderança nas comunidades. Buscam assistência técnica e creditícia, possuindo bom poder de análise e gerenciamento. Propriedades geralmente menores de 100ha com concentração próxima a 50ha.
Em Transição	Produtores de menor esclarecimento do que os consolidados, que buscam em menor intensidade a assistência técnica e creditícia, possuindo médio poder de análise e gerenciamento. Propriedades geralmente menores de 100ha com concentração próxima a 20ha.
Periféricos ou de Subsistência	Utilização do crédito rural nula ou incipiente, sem viabilidade econômica para acesso. Dificuldades quanto ao gerenciamento da propriedade. Considerado agricultor que mais se aproxima do camponês tradicional, em local onde a luta pela terra e contra as perversidades do capitalismo se faz presente. Propriedades geralmente menores de 50ha com concentração abaixo de 20ha.

Fonte: Veiga, 2001.

Ainda do ponto de vista histórico, dois acontecimentos foram determinantes para consolidação inicial para agricultura familiar no Brasil: o primeiro deles foi a realização do Censo Agropecuário (2006), que forneceu dados essenciais para a compreensão e do potencial da agricultura familiar brasileira; o outro aspecto extremamente relevante para agricultura familiar foi a criação de um marco legal e as opções para sua identificação, quando em 24 de julho de 2006, foi sancionada a Lei nº. 11.326, que estabelece as “diretrizes para a formulação da Política Nacional da Agricultura Familiar e Empreendimentos Familiares Rurais”.

Dados do governo federal apontaram um crédito para o PRONAF em 2015 cerca de R\$ 28,9 bilhões de investimento. Ainda segundo dados divulgados pelo PRONAF, a agricultura familiar é responsável por grande parte da cadeia produtiva que abastece o país, a saber: mandioca (87%), feijão (70%), carne suína (59%), leite (58%), carne de aves (50%) e milho (46%), dentre outros produtos.



SOBRE A AGRICULTURA ORGÂNICA

No século XIX, a partir da Primeira Guerra Mundial ocorreram mudanças cruciais nos processos industriais e nos modelos de produção no mundo. No espaço rural, começaram incentivos para a implantação de novas técnicas e práticas com o objetivo de aumentar a produtividade. De acordo com Saquet (2017), o propósito da aplicação deste pacote foi promover a chamada Revolução Verde. A base desse modelo de produção fixou-se em quatro pressupostos: novas tecnologias desde o plantio até a colheita e a comercialização; uso intenso de sementes modificadas, de fertilizantes e de agrotóxicos.

Na prática, a implementação desenfreada deste modelo tem produzido vários problemas de ordem social, econômica e principalmente ambiental. Pesquisas têm constatado diversos problemas relacionados a contaminação dos recursos hídricos e dos animais; erosão; contaminação dos solos e redução da sua fertilidade natural; redução da biodiversidade; dependência de insumos químicos.


Pesquisas sobre os impactos ambientais, realizadas na Europa, comparando a agricultura orgânica e a convencional apontaram segundo Stolz et al. (apud Azevedo 2000, 137) que na primeira foram evidenciados aspectos positivos em termos de incrementos para o contexto ambiental e na melhoria da saúde pública. São eles:

[...] impactos sobre o ecossistema, sobre a qualidade do solo; conservação da fertilidade e estabilidade do sistema, além de maior controle da erosão; sobre as águas superficiais e profundas, resultando em baixas taxas de nitrato e ausência de poluição por pesticidas; clima e qualidade do ar e não utilização de agrotóxicos.

Diante da problemática decorrente do sistema de produção convencional, urge na atualidade pensar e aplicar um modelo sustentável. Em face disso, a agroecologia e a agricultura orgânica são alternativas que podem minimizar os impactos ambientais e sociais oriundos da chamada modernização da agricultura. Gliessman (2001) afirma que no início do presente século, um grupo de ecologistas sugeriram a terminologia denominada agroecologia para designar a ecologia aplicada à agricultura. Surge nesse período as bases de um novo conceito de produção agrícola. A característica central desse novo modelo é a produção realizada em áreas pequenas diversificadas ou em propriedades maiores com foco na monocultura.

Sendo assim, faz-se necessário diferenciar a agroecologia do sistema de produção orgânica. Eles são tratados como similares, todavia, apresentam diferenças conceituais e práticas relevantes. Conforme Saquet (2017, p. 44):

A agroecologia dedica-se ao estudo das relações produtivas existentes entre a sociedade e a natureza, objetivando sempre a sustentabilidade ecológica, econômica,



cultural, política e ética. As práticas se baseiam na pequena propriedade, na mão-de-obra familiar, em sistemas produtivos complexos e diversos, adaptados às condições locais e em redes regionais de produção e distribuição de alimentos.

A produção orgânica apresenta um viés no sentido de evitar de forma radical o uso de insumos químicos. Vale constar que a produção não está limitada ou isenta de ser realizada no sistema de agricultura convencional ou na prática da monocultura. Considerando que o foco central é a produção diferenciada, conseqüentemente o produto pode apresentar valor de destaque no processo de comercialização.


O rural ganha outra dimensão na perspectiva de se repensar a relação da agricultura familiar orgânica com a melhoria da qualidade de vida. Sendo assim, ele pode ser analisado como um espaço preservado, de valores profundos, autêntico e rico em tradições. Hoje, o mesmo pode transformar-se em lugar de vida, de promoção social, de produção agrícola ou econômica (BRUNO JEAN apud WANDERLEY, 2000).

Azevedo (2012) afirma que a agricultura familiar orgânica vinculada à dimensão ambiental e cultural, configura-se como uma estratégia para reintrodução natural no espaço rural e nos sistemas de produção agrícolas. Tal relação só é possível porque este modelo de produção respeita os princípios naturais dos ecossistemas envolvidos e valoriza a cultura local rural. Nesse contexto, há uma reaproximação dos sujeitos do processo com a “consciência de que a natureza é parte da essência humana” (AZEVEDO, 2012, p. 137).

Ressalta-se também que a agricultura familiar urbana contribui positivamente e diretamente para melhoria da qualidade de vida do meio urbano. Primeiro pelo o fato de que esse modelo de produção disponibiliza alimentos mais saudáveis. Segundo porque agricultura familiar orgânica apresenta-se com a possibilidade de reorganização social no meio rural, contribuindo de forma efetiva na qualidade dos empregos e na diminuição progressiva da violência no campo e na cidade.

À vista disso, a agricultura familiar orgânica tende a se estabelecer como espaço de elevação da qualidade de vida para coletividade, rural ou urbana. Todavia, há uma condicionante, ou seja, o sistema produtivo adotado deve priorizar algumas premissas como afirma Azevedo (2012, p.137) “preservar o meio ambiente, dignificar socialmente o agricultor, valorizar a cultura local e o saber tradicional e produzir alimentos saudáveis”.

Para Panitchpakdi (2011), a produção orgânica é apropriada para os agricultores familiares que estatisticamente constituem a maioria dos pobres no mundo. Pesquisas realizadas na América Latina, Ásia e África mostram que os mesmos recebem mais que os agricultores



convencionais. Um trabalho desenvolvido pela Conferência das Nações Unidas sobre o comércio e desenvolvimento e do Programa das Nações Unidas para o Meio Ambiente, investigou 114 núcleos no continente africano e constatou que a transição das fazendas para o sistema orgânico conduz a um aumento na produtividade em torno de 116%.

AGRICULTURA ORGÂNICA E CONHECIMENTO CIENTÍFICO


A caracterização da agricultura/produção orgânica como ciência tem início a partir da pesquisa do inglês Albert Howard, datada do início da década de 1920. Howard viajou para Índia, onde analisou de forma criteriosa as práticas agrícolas de compostagem e adubação orgânica utilizadas pelos agricultores daquela região. Após as observações necessárias, o mesmo decidiu compilar tais dados num livro, no qual deu o título de "Um testamento agrícola", publicado em 1940.

Enquanto isso, na França, o estudioso Claude Aubert começou a difundir os trabalhos relacionados às práticas da agricultura biológica. As principais características abordadas pelo cientista eram: a prática da rotação de culturas, o uso dos adubos verdes, estercos, restos de culturas, palhas e outros resíduos vegetais ou animais, bem como controle natural de pragas e doenças. O trabalho realizado por Aubert constitui-se na literatura como um marco estrutural para promoção da agricultura orgânica.

Em 1924, na Alemanha, Rudolf Steiner instituiu as bases centrais da agricultura biodinâmica, que tem como eixo estruturante a harmonia e o equilíbrio da unidade produtiva (terra, plantas, animais e o homem) usando como referência as influências do sol e da lua.

No Japão, Mokiti Okadana, na década de 1930, difundiu a filosofia de uma agricultura diferenciada, agora denominada por ele como agricultura natural. Vale ressaltar a importância dada por Okadana sobre a existência de espírito e sentimento em todos os seres vivos, sejam eles de origem vegetal ou animal. Já, em 1971 na Austrália, Bill Mollison difundiu o conceito de permacultura, modelo que também visualiza uma agricultura integrada harmonicamente com o ambiente (ORMOND, 2002).

Outro ponto importante para consolidação e valorização da produção orgânica no mundo, foi o início do processo de comercialização dos produtos oriundos desse novo sistema de produção na Europa. Nesse aspecto, ocorreu o crescente interesse e uma diversidade de produtos no mercado. Segundo Ormond (2002), o movimento se fortaleceu no final da década de 1980, tendo seu ápice de crescimento em meados dos anos 1990, com a criação do programa fomentado pelo Council Regulation da Comunidade Econômica Europeia (CEE) no documento



2092/91, que estabeleceu as normas básicas e os padrões de produção, processamento, comercialização e importação de produtos orgânicos de origem vegetal e animal nos seus estados membros.

No Brasil, os primeiros adeptos da produção orgânica foram grupos ligados a questões filosóficas que tinham como pressupostos básicos o retorno do ser humano ao contato com a terra e a contraposição dos hábitos alimentares consumistas da sociedade capitalista vigente.

As primeiras práticas produtivas e comerciais do sistema orgânico no Brasil foram estabelecidas por cooperativas (Rio de Janeiro – Coonatura, e Rio Grande do Sul – Coomeia), no final da década de 1970. Organizações Não Governamentais (ONGs) apoiaram os agricultores no processo de comercialização em feiras e entregas de cestas em domicílio. Aproximando assim, o produtor do consumidor, o que ocasionava uma relação de confiança e credibilidade (FONSECA, 2000).

A Lei 10.831, de 23 de dezembro de 2003, contribuiu de forma significativa para o avanço e a consolidação da agricultura/produção orgânica. Apesar de sua regulamentação, no entanto, ter ocorrido apenas em 27 de dezembro de 2007 com a publicação do Decreto Nº 6.323, a lei trouxe clareza e definição para todos os processos que envolvem a cadeia produtiva.

A PRODUÇÃO ORGÂNICA, OS INSTRUMENTOS LEGAIS NO BRASIL

Atualmente, práticas agrícolas mais sustentáveis têm sido estimuladas no intuito de promover um equilíbrio envolvendo as cadeias produtivas e a conservação e preservação do meio ambiente. Por conseguinte, se faz necessário realizar novos conceitos de produção agrícola fundamentados na conservação do solo, diversificação de culturas, reciclagem de nutrientes, uso sistemático de adubos orgânicos e outras práticas alternativas (SALMI et al., 2006).

O sistema de cultivo orgânico configura-se como uma opção para atender as demandas de uma agricultura mais sustentável, valorizando e respeitando o meio ambiente. De acordo com Altieri (2001), o propósito básico da agricultura orgânica é trabalhar de forma sinérgica com sistemas agrícolas complexos, proporcionando interações ecológicas correlacionadas entre os componentes biológicos, ocasionando a possibilidade de os mesmos criarem a fertilidade do solo, a produtividade e a proteção das culturas.

No Brasil, uma referência norteadora para a agricultura orgânica foi a criação da Instrução Normativa 007/99, do Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento (MAPA),



que conceituou como “sistema orgânico de produção agropecuária e industrial todo aquele em que se adotam tecnologias que otimizem o uso dos recursos naturais e socioeconômicos, respeitando a integridade cultural e tendo por objetivo a auto sustentação no tempo e no espaço, a maximização dos benefícios sociais, a minimização da dependência de energias não-renováveis e a eliminação do emprego de agrotóxicos e outros insumos artificiais tóxicos, Organismos Geneticamente Modificados (OGM)/transgênicos ou radiações ionizantes em qualquer fase do processo de produção, armazenamento e de consumo, e entre os mesmos, privilegiando a preservação da saúde ambiental e humana, assegurando a transparência em todos os estágios da produção e da transformação”.

A IN 007/99 estabelece os critérios básicos visando: “a oferta de produtos saudáveis e de elevado valor nutricional, isentos de qualquer tipo de contaminantes que ponham em risco a saúde do consumidor, do agricultor e do meio ambiente; a preservação e a ampliação da biodiversidade dos ecossistemas, natural ou transformado, em que se insere o sistema produtivo; a conservação das condições físicas, químicas e biológicas do solo, da água e do ar e o fomento da integração efetiva entre agricultor e consumidor final de produtos orgânicos e o incentivo à regionalização da produção desses produtos orgânicos para os mercados locais.”

Segundo o regulamento Council Regulation da Comunidade Econômica Europeia (CEE) 2092/91, as plantas comestíveis ou partes comestíveis de plantas (frutos, sementes, talos, folhas, raízes etc.) que cresçam de forma espontânea em áreas naturais, florestas e áreas agrícolas são consideradas um produto orgânico, quando as áreas onde são encontradas não tenham sido tratadas com produtos químicos e/ou sintéticos, durante três anos precedentes à colheita. A colheita não poderá afetar a estabilidade do ecossistema nem prejudicar a conservação das espécies nativas (ORMOND, 2002).

O quadro a seguir mostra quais são os critérios de comercialização de produtos no Brasil considerados como "Orgânicos" e os procedimentos para os produtores se regularizarem.

Quadro 3: Regularização da Produção Orgânica.

Regularização da Produção Orgânica
Como se regularizar? Obter certificação por um Organismo da Avaliação da Conformidade Orgânica (OAC) credenciado junto ao Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento - MAPA; ou Organizar-se em grupo e cadastrar-se junto ao MAPA para realizar a venda direta sem certificação.

Qual a diferença entre ter e não ter a certificação?

Quando o produtor se cadastrou apenas para venda direta sem certificação, não pode vender para terceiros, só na feira (ou direto ao consumidor) e para as compras do governo (merenda e CONAB).

Quando o produto é certificado, pode vender seu produto em feiras, mas, também, para supermercados, lojas, restaurantes, hotéis, indústrias, internet etc.

Como saber se o produto é orgânico, mesmo?

Para vender na feirinha, o produtor sem certificação deve apresentar um documento chamado Declaração de Cadastro, que demonstra que ele está cadastrado junto ao MAPA e que faz parte de um grupo que se responsabiliza por ele. Neste caso, só o produtor, alguém de sua família ou de seu grupo pode estar na barraca, vendendo o produto. Essa Declaração deve ser mostrada sempre que o consumidor e a fiscalização pedirem.

Já os produtos vendidos em mercados, supermercados, lojas, devem estampar o selo federal do SisOrg em seus rótulos, sejam produtos nacionais ou estrangeiros.

Se o produto for vendido a granel deve estar identificado corretamente, por meio de cartaz, etiqueta ou outro meio.

Os restaurantes, lanchonetes e hotéis que servem pratos orgânicos ou pratos com ingredientes orgânicos devem manter à disposição dos consumidores listas dos ingredientes orgânicos e dos fornecedores deste ingrediente.

O que acontece se uma loja expuser à venda um produto sem selo, cujo rótulo diz que é orgânico?

O produto será apreendido e a loja, avisada por escrito sobre os cuidados a tomar.

Quando o produto sem selo está em uma embalagem original, o responsável é sempre o produtor; neste caso, ele será autuado e poderá ser multado. Quando o produto estiver em outra embalagem, como da própria loja ou mercado, ou a granel (aberto), respondem pela irregularidade tanto o produtor como o responsável pelo ponto de venda.

Que cuidados o comerciante pode tomar para ter certeza de que está adquirindo produtos verdadeiramente orgânicos?

A Nota Fiscal com a descrição do produto como orgânico não é plena garantia de procedência. O comprador deve exigir do produtor que os rótulos dos produtos venham com o selo federal do SisOrg. No caso de produtos não pré-embalados, como verduras e legumes, pode pedir cópia do certificado orgânico do produto e, mesmo, um outro documento chamado Declaração de Transação Comercial, que tanto o produtor como a certificadora podem emitir. Em todos os casos, o comprador pode consultar o Cadastro Nacional de Produtores Orgânicos, disponível no sítio do MAPA, na internet.

Sou produtor e quero me regularizar. Como faço?

A certificação pode ser obtida pela contratação de uma Certificadora por Auditoria ou se ligando a um Sistema Participativo de Garantia - SPG, que deverá estar sob certificação de um Organismo Participativo de Avaliação da Qualidade Orgânica - OPAC.

No caso de contratação da Certificadora por Auditoria, o produtor receberá visitas de inspeção inicial e periódicas e manterá obrigações perante o MAPA e a certificadora, com custo a ser estabelecido em contrato. Se o produtor descumprir as normas, a certificadora retira seu certificado e informa ao MAPA. Procure na lista de Entidades Regularizadas as Certificadoras por Auditoria já credenciadas pelo MAPA.

No caso da certificação por OPAC, o produtor deve participar ativamente do grupo ou núcleo a que estiver ligado, comparecendo a reuniões periódicas e o próprio grupo garante a qualidade orgânica de seus produtos, sendo que todos tomam conta de todos e respondem, juntos, se houver fraude ou qualquer irregularidade que não apontarem e corrigirem. Se o produtor não corrigir, o grupo deve excluí-lo, cancelar o certificado e informar ao MAPA. Procure na lista de Entidades Regularizadas os OPAC já credenciados pelo MAPA. Caso o interesse seja apenas pela venda direta ou institucional, os produtores podem formar uma Organização de Controle Social - OCS.

Fonte: Adaptado de Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento, 2017.


<http://www.agricultura.gov.br/assuntos/sustentabilidade/organicos/regularizacao-da-producao> acesso em 23 de setembro de 2017.

Vale salientar que, atualmente, o instrumento legal que norteia a agricultura/produção orgânica no Brasil é a Lei 10.831, de 23 de dezembro de 2003, que dispõe sobre a cultura e a comercialização dos produtos orgânicos. Outros instrumentos legais também são importantes como o decreto N° 6.323/07 e as instruções normativas do MAPA, a saber: N° 19/09 (mecanismos de controle e formas de organização); N° 18/09, alterada pela IN 24/11 (processamento); N° 17/09 (extrativismo sustentável orgânico); N° 50/09 (selo federal do Sistema Brasileiro de Avaliação de Conformidade Orgânica SisOrg); N° 46/11 (produção vegetal e animal); N° 37/11 (cogumelos comestíveis); N° 38/11 (sementes e mudas orgânicas); N° 28/11 (produção de organismos aquáticos).

CONSIDERAÇÕES FINAIS

O presente trabalho propôs a análise das concepções acerca da produção orgânica e agricultura familiar, assim como investigar a origem da agricultura orgânica e familiar; refletir sobre a agricultura orgânica como uma ciência e, por fim, analisar os aspectos legais referentes à produção orgânica no país.

A bibliografia consultada aponta para uma concepção de agricultura orgânica e familiar como uma alternativa aos padrões de produção convencional centrada na produção, no uso de



agrotóxico e sem preocupação com o uso sustentável dos recursos naturais. Nesse sentido, tanto a agricultura orgânica como a agricultura familiar estão comprometidas com a qualidade dos alimentos, tendo em vista a saúde dos seres humanos. Assim também, preocupam-se com o desenvolvimento de estratégias de produção ligadas à atividade local e à sustentabilidade.

Em vista disso, a produção orgânica e agricultura familiar têm sido assunto recorrente na literatura especializada. Conforme verificado no aporte teórico, o estudo científico da agricultura orgânica e familiar tem início na década de 20 do século passado e tem se constituído como importante campo do conhecimento dentro das Ciências Agrárias e Ciências Sociais, tendo em vista o caráter inter/transdisciplinar do fenômeno que comporta características ligadas não só a produção e consumo, mas aos aspectos da vida social que o caracterizam, tais como as crenças, saberes, formação, empregabilidade etc.

Quanto aos aspectos legais, vale destacar a Lei 11.326, que estabelece as “diretrizes para a formulação da Política Nacional da Agricultura Familiar e Empreendimentos Familiares Rurais”, um marco importante no que se refere à regulamentação e políticas públicas voltadas para o desenvolvimento da agricultura orgânica e familiar, destacando-se também a Lei 10.831 que dispõe sobre a agricultura orgânica, dando algumas providências. Por fim, destaca-se a sua regulamentação, efetivada em 27 de dezembro de 2007 com a publicação do Decreto Nº 6.323.

REFERÊNCIAS

ALTIERI, M. **Agroecologia, a dinâmica produtiva da agricultura sustentável**. Universidade Federal do Rio Grande do Sul, 2001.


AZEVEDO, E. D. **Alimentos orgânicos: ampliando os conceitos de saúde humana e social**. Senac, São Paulo, 2012.

BRASIL. Constituição (1988). **Constituição da República Federativa do Brasil**. Brasília, DF: Senado Federal: Centro Gráfico, 1988. 292 p.

EMBRAPA. *Centro Nacional de Pesquisa de Solos (Rio de Janeiro, RJ). Sistema brasileiro de classificação de solos. 2. ed. – Rio de Janeiro: EMBRAPA-SPI, 2006. 306 p.: il. ISBN 85-85864-19-2*

FONSECA, M. F. A. C. **A construção social do mercado de alimentos orgânicos: Estratégias dos diferentes atores da rede de produção e comercialização de frutas, legumes e verduras (FLV) in natura no estado do Rio de Janeiro**. Tese de M.Sc., UFRRJ, Rio de Janeiro, 2000.

GLIESSMAN, S. R. **Agroecologia: Processos ecológicos em agricultura sustentável**. 2ed. Porto Alegre: Ed. UFRGS, 2001.



MARAFON, Gláucio J.. Agricultura familiar, pluriatividade e turismo rural: reflexões a partir do território fluminense. **CAMPO-TERRITÓRIO: Revista de Geografia Agrária**, v. 1, n. 1, p. 17-60, 2006. Disponível em: <www.seer.ufu.br/index.php/campoterritorio/article/download/11776/6891>. Acesso em 29 de março de 2019.

MARINI, Everaldo. **Nucleação de comunidades escolares tradicionais no município de Nova Petrópolis: perspectivas interculturais no processo de escolarização**. Canoas, 2010. Disponível em: <www.unilasalle.edu.br/canoas/assets/upload/Everaldo.pdf>. Acesso em 29 de março de 2019.

ORMOND, J. G.P et al. **Agricultura orgânica: quando o passado é futuro**. BNDES Setorial, Rio de Janeiro, n. 15, p. 3-34, mar. 2002.

PANITCHPAKDI, Supachai. **Agricultura orgânica para produzir mais e melhor**, 2011. Disponível em <http://envolverde.ig.com.br/materia.php?cod=53270&edt>. Acesso em: 10 de setembro de 2017.

PROGRAMA NACIONAL DE FORTALECIMENTO DA AGRICULTURA FAMILIAR (Pronaf). **Agricultura Familiar produz 70% dos Alimentos Consumidos por Brasileiros**. Disponível em: <<http://www.brasil.gov.br/economia-e-emprego/2015/07/agricultura-familiar-produz-70-dos-alimentos-consumidos-por-brasileiro>>. Acesso em 09 de Setembro de 2017.

SALMI, G. P.; SALMI, A. P. & ABOUD, A. C. S. **Dinâmica de decomposição e liberação de nutrientes de genótipos de guandu sob cultivo em aleias**. Pesq. Agropec. Bras., 41:673-678, 2006.

SAQUET, Marcos Aurélio; DE SOUZA, Poliane; DOS SANTOS, Roseli Alves. Agricultura familiar agroecológica em itapejara d'oeste-pr. **Revista Da Anpege**, v. 6, n. 06, p. 43-57, 2017.

VEIGA, J. E. **O desenvolvimento agrícola: uma visão histórica**. São Paulo: Editora da Universidade de São Paulo: HUCITEC, 1991.

WANDERLEY, M. N. B. Raízes históricas do campesinato brasileiro. In: TEDESCO, J. C. (Org.). **Agricultura familiar: realidade e perspectivas**. Passo Fundo: EDUPF, 1999.

_____. A valorização da agricultura familiar e a reivindicação da ruralidade no Brasil. In.: **ENCONTRO BRASILEIRO DE ECONOMIA E SOCIOLOGIA RURAL XXXVIII**, 2000, Rio de Janeiro. Anais... Rio de Janeiro: SOBER, 2000, 1 CD-ROM.



CAPÍTULO 23

PLANTIO DE SEMENTES E MUDAS DE ESPÉCIES NATIVAS E EXÓTICAS PARA A RECOMPOSIÇÃO DA VEGETAÇÃO DA CAATINGA: UM RELATO DE EXPERIÊNCIA

DOI: 10.47402/ed.ep.c202151323097

Cláudia Carvalho Velozo dos Santos, Graduanda em Letras Vernáculas, UNEB
Weslei Viana Alves, Graduando em Letras Vernáculas, UNEB
Cláudio Roberto Meira de Oliveira, Pós-doutorado em Fruticultura de Clima Temperado, UFPEL e professor da Universidade do Estado da Bahia
Lara Amorim Helfenstein, Mestre em Planejamento Territorial(UDFS), professora da Universidade do Estado da Bahia

RESUMO


A manutenção e conservação do bioma Caatinga tem uma imensa importância para o meio ambiente local em termos de uso sustentável e bioprospecção que, se bem explorado, será decisivo para o desenvolvimento da região e do país. A importância e eficiência da arborização dos centros urbanos e rurais implica diretamente na valorização da biodiversidade local, considerando a relevância ecológica das espécies que já têm ou tiveram neste ambiente de Caatinga da região Centro Oeste da Bahia. Portanto, este projeto busca apresentar os efeitos das ações antrópicas na Caatinga ao mesmo tempo que propõe ações para mitigar os efeitos nocivos a este bioma, através do replantio de mudas nativas e sensibilização as comunidades que vivem nas áreas urbanas e rurais dessa região da Bahia.

PALAVRAS-CHAVE: Plantas nativas; biodiversidade; reflorestamento; educação ambiental.

INTRODUÇÃO

Este relato objetiva apresentar as experiências iniciais do projeto de pesquisa: “Efeito das ações antrópicas sobre a vegetação da Caatinga e seus impactos no crescimento inicial e recomposição da vegetação”, chamando a atenção para a relevância das potencialidades que as plantas nativas trazem em relação a proteção do solo, manutenção de outras espécies vegetais e animais da Caatinga a partir do plantio de algumas mudas nativas, observando e analisando as respostas das plantas ao ambiente alterado e o comportamento dos habitantes a partir da distribuição dessas espécies vegetais para plantio.

A importância e eficiência da arborização dos centros urbanos e rurais dependem da valorização da biodiversidade local, considerando a relevância ecológica das espécies que já existiram ou ainda existem neste local. As escolhas das espécies nativas é fator fundamental à



preservação. Foram realizadas várias estratégias de experiências no plantio de mudas nativas no território/região de estudo, estratégias viáveis de serem feitas com potencial para promover a agregação de valor e perenidade a determinadas espécies, a elevação do nível de aproveitamento dos recursos naturais, a sensibilização ambiental, a mobilização social e a mitigação de práticas nocivas, contribuindo, acima de tudo, para uma sociedade sustentável.


Conforme o Ministério do Meio Ambiente (2020), a Caatinga ocupa uma área de cerca de 844.000 quilômetros quadrados, o equivalente a 11% do território nacional. Abrangendo os estados do nordeste e Minas Gerais. O bioma abriga várias espécies: mamíferos, aves, répteis, anfíbios, peixes e abelhas, cerca de 27 milhões de pessoas vivem na região, a maioria carente e dependente dos recursos deste bioma para sobreviver.

A Caatinga tem um imenso potencial para uso sustentável de seus recursos e bioprospecção que, se bem explorado, será decisivo para o desenvolvimento da região e do país. A biodiversidade da Caatinga ampara diversas atividades econômicas voltadas para fins agropastoris e industriais, especialmente nos ramos farmacêuticos, cosméticos, químicos e alimentícios.

Apesar da sua importância, o bioma tem sofrido com o desmatamento ao longo dos séculos e cada vez mais de forma acelerada, principalmente nos últimos anos, devido principalmente ao uso excessivo de lenha de plantas nativas, explorada de forma ilegal e insustentável, para fins domésticos e industriais e, também, à conversão em áreas de pastagens e agricultura. Frente ao avançado desmatamento que chega a 46% da área do bioma, segundo dados do Ministério do Meio Ambiente (2020), o governo busca concretizar uma agenda para a criação de mais unidades de conservação em níveis federais e estaduais, além de promover alternativas para o uso sustentável a fim de garantir conservação da biodiversidade.

Durante a realização do projeto buscou-se utilizar imagens geoespaciais do território de Irecê/Ba, para evidenciar as áreas de desmatamento e verificar de que forma ela foi e está configurada e distribuída historicamente de forma a ajudar na identificação de possíveis intervenções ou planos de ação para mitigar os efeitos nocivos da degradação antropocêntrica no bioma Caatinga, além de fomentar discussões e estudos voltados à recuperação. Essas imagens, inclusive, podem contribuir para estudos relacionados à previsão do cenário nos anos seguintes, buscando áreas ainda preservadas e que poderiam ser ou virar áreas de proteção.

Estudos apontam que a Caatinga ainda precisa de mais sistematização, observações, ações e investimentos para sua conservação e uso sustentável. No decorrer do tempo, a



urbanização modificou sua estrutura física e biótica, afetando diversos processos ecológicos que envolvem a fauna e a flora. Como resultado da constante intervenção antrópica, a paisagem urbana geralmente se apresenta fragmentada em um mosaico de diferentes ambientes e, tanto a estrutura da vegetação, quanto a sua composição florística, costumam diferir daquela originalmente presente (MENDONÇA e ANJOS, 2005).


A RELEVÂNCIA DO PLANTIO DE ÁRVORES REGIONAIS

Silva e Magalhães (1993) afirmam que a arborização urbana garante a integração dos espaços habitados às regiões circunvizinhas, possibilitando a continuidade da trama biológica e das características climáticas e ambientais. Dessa forma, as ilhas de calor são evitadas, assim como, os desertos biológicos e o incômodo por falta de vegetação verde que compõe uma cidade sem áreas preservadas. Atualmente, conforme as grandes modificações provocadas pelas atividades humanas, principalmente pelo processo de urbanização, são de relevante importância a realização de trabalhos de avaliação da alteração e impactos na flora causada pela ação humana e artifícios essenciais para sobreviver que geram consequência no ambiente natural, especialmente, na flora nativa.

Conforme o Conselho Nacional da reserva da biosfera da caatinga (2004), a presença de árvores em áreas urbanas e rural contribuiu para a qualidade de vida de seus habitantes. A importância e eficiência da arborização dos centros urbanos e rurais dependem da valorização da biodiversidade local, considerando a relevância ecológica das espécies que são comuns até hoje, ou que tinham e devido a força humana já não existem mais. Desse modo, para selecionar muda ou semente para ser plantada em um determinado local, antes, é necessária uma pesquisa de qual planta se adapta melhor às características climáticas da região e a partir de diálogos com os moradores das localidades, são mais conhecidas e benquistas e poderiam ser melhor cuidadas pelas comunidades onde fossem plantadas.

Observa-se que muitas cidades e zonas rurais são arborizadas com espécies exóticas, no entanto, o plantio de espécies nativas pode contribuir para a manutenção da biodiversidade natural antes existente nessas áreas/regiões, além de apresentar valores culturais, na qual pode ser uma fonte de divulgação e valorização da flora local. Além do mais, as plantas nativas são melhor adaptadas ao clima, diferentemente de outras árvores que são trazidas de outras regiões, muitas vezes substituindo árvores nativas, correndo o risco de não sobreviverem às novas condições climáticas e diminuindo a riqueza biológica dessas localidades.

As árvores características do bioma Caatinga apresentam formação vegetal bem



definida para tolerância à seca. Conforme Alvarez et al. (2012) os mecanismos fisiológicos e anatômicos das plantas são necessários para sua sobrevivência em meio a seca do nordeste, pois elas captam e armazenam água durante a estação chuvosa. Ainda segundo o autor, as árvores no nordeste perdem as suas folhagens a fim de preservar energia, sobrevivendo a extensa seca. Os cactos, abundantes no nordeste brasileiro, se adaptaram muito bem: preservam água em seu interior e transformando suas folhagens em espinhos ao longo do tempo. A área alterada por atividades antrópicas no Bioma Caatinga, que afetam diretamente as plantas nativas, é superior a 50%, o terceiro bioma brasileiro mais alterado pelo homem (CONSELHO NACIONAL DA RESERVA DA BIOSFERA DA CAATINGA, 2004).

Em relação às alterações sofridas no bioma Caatinga, cabe destacar que a exploração desordenada fez com que este bioma se tornasse um dos mais devastados. O uso de espécies exóticas utilizadas para reflorestamento torna mais grave a degradação. Logo, a arborização com espécies regionais é uma forma de preservar as áreas e recuperar as espécies evitando assim sua extinção ou desaparecimento destes locais. A utilização das espécies florestais da Caatinga para produção de lenha e carvão tem sido intensiva e desordenada, não havendo prática de reposição florestal (RIEGELHAUPT; PAREYN, 2010).

Neste contexto, também estão inseridos os ecossistemas urbanos onde a pressão pela eliminação da vegetação nativa ocorre com muita frequência. A representação da vegetação com Nordeste como fonte de energia primária, representa de 30% a 50% (CAMPELO et al, 1999) ou seja, o desmatamento é acentuado por diversos fatores: plantio, energia e crescimento populacional nas cidades. Atualmente, a vegetação nativa é inexistente nas cidades e, quando ocorrem plantios não são planejados adequadamente e/ou são feitos com espécies exóticas (MINISTÉRIO DO MEIO AMBIENTE, 2008).

Ainda cabe destacar que a Caatinga é o bioma brasileiro que apresenta menor área conservada em relação à sua área total tendo apenas 4% protegida por Unidades de Conservação considerando as unidades de proteção integral e de uso sustentável. Considerando apenas a categoria de unidade de conservação de proteção integral, a Caatinga está coberta com menos de 1% e somente 6,4% destas dispõem de alguma proteção legal (CASTRO et al., 2003; THE NATURE CONSERVANCY e ASSOCIAÇÃO CAATINGA, 2004; LEAL et al., 2005).

OBSERVANDO PLANTAS EXÓTICAS E NATIVAS DO NORDESTE BRASILEIRO

Segundo wikipédia (2019), a algarobeira planta de nome científico *prosopis juliflora* tem origem peruana. No Brasil ela é definida como espécie exótica, ou seja, não existia no



passado e não se desenvolveu com as espécies nativas, essa planta pouco exigente em água, sobrevive em zonas tropicais áridas. Estimada pelos nordestinos, vem sendo usada para alimentação dos animais, tem a capacidade de se desenvolver em solos de baixa fertilidade e de condições físicas limitantes a outras espécies, ganhou carinhosamente no meio rural nordestino o nome de “planta mágica”.

Ainda segundo wikipédia (2019), seus frutos em forma de yagens são comestíveis e palatáveis, que servem para a alimentação de ovino, bovinos e equinos. Sua madeira também pode ser utilizada para lenha, cercas e fabricação de carvão. Esse tipo de árvore pode crescer, aproximadamente, de quatro a oito metros de altura, sua produtividade de frutos é abundante, por isso que sua capacidade de se desenvolver em ambientes secos faz dela uma das espécies exóticas de maior uso e aproveitamento no semiárido brasileiro e baiano.

Além desta espécie exótica, cabe destacar que existem outras espécies na Caatinga que contribuem e agregam benefícios para a proteção do solo, manutenção da fauna e equilíbrio da flora, temos como exemplo o umbuzeiro, cujo nome científico é *Spondias tuberosa*. O umbuzeiro é uma árvore frutífera e, em alguns lugares conhecida como imbu, ambu ou umbu, seus frutos têm formato arredondados, nutritivos, ricos em vitamina C, de cor verde e amarelos, possuem no interior do fruto um caroço, sendo alguns de seus frutos apresentam sabor azedo ao passo que outros são adocicados. Essa planta, além de ser muito resistente a longos períodos de estiagem, em virtude da perda de folhas durante o verão e também por conta das suas raízes em forma de batatas que acumulam água.

Os exemplos citados são importantes uma vez que a conservação da Caatinga, segundo Ministério do Meio Ambiente (2012), está intimamente associada ao combate da desertificação que é um processo de degradação ambiental. Silva (2010) afirma que os solos nordestinos estão em um intenso processo de desertificação. No Brasil, 62% das áreas susceptíveis à desertificação estão na Caatinga.

Em relação a fauna, muitos animais nativos da Caatinga são importantes para a reprodução das espécies atuando como polinizadores. Na estação da primavera (chuvosa) que é a estação das flores, a polinização é feitas em sua maioria pelas abelhas, vespas e moscas, insetos que fazem um excelente trabalho e que, lamentavelmente, vem sofrendo uma diminuição acentuada pela destruição da flora ambiente, devido às constantes derrubadas e queimadas. Entretanto, no decorrer do projeto e visitas *in loco* observamos que a disseminação de sementes de diferentes espécies ocorre através de animais como: o próprio ser humano, o



veado-catingueiro, a cotia, o tatu peba, por diferentes aves entre outros.


Segundo Filho (2018) muitas plantas da Caatinga, além de produzirem frutos, também servem como plantas medicinais por possuírem propriedades medicinais e são muito usadas na medicina caseira para o tratamento de diferentes enfermidades. No caso do umbu, a colheita dos frutos é feita anualmente, principalmente pelas mulheres que passam esses saberes para as futuras gerações. Esse extrativismo tradicional contribui para a alimentação das famílias e ainda garante geração de renda para muitas comunidades sertanejas. Através do fruto é possível produzir polpas para sucos, licor, sorvete e até mesmo geleia.

O plantio do umbuzeiro é feito por meio de suas sementes ou mudas enxertadas, é adequado que se plante essa espécie em tempo chuvoso, pois o solo estará úmido, propício para a germinação da semente e desenvolvimento das mudas. O umbuzeiro também gosta de solos férteis como o solo da caatinga, logo, ao serem feitas mudas é necessário um substrato que contenha nutrientes que beneficiam a planta. Conforme Oliveira (2016, p.1) é sugerido que coloque “a muda ou semente no centro da cova e feche-a com terra, compactando o solo para firmar a planta no solo na ausência de insumos agrícolas (adubos químicos), pode ser adicionado ao solo esterco curtido”. O autor ainda salienta que o espaçamento indicado para cada muda ou semente é de oito a dez metros entre as covas e de quarenta por quarenta centímetros o que equivale a dois palmos de profundidade e dois palmos de largura.

No projeto, foram plantadas sementes de diferentes espécies, como o umbuzeiro (*Spondias tuberosa*), o licuri (*Syagrus coronata*) que é uma palmeira que pode chegar a 11 metros de altura, com folhas que lembram a forma de coroa e é conhecido por vários nomes populares: alicuri, cabeçudo, coqueiro-aracuri, coqueiro-dicuri, iricuri, oricuri, ouricurizeiro, uricuri e uricuriba além de espécies frutíferas exóticas como a goiaba (*Psidium guajava*), laranja (*Citrus* sp.), limão (*Citrus limon*) para estimular o cuidado da comunidade com as outras espécies.

Parte da produção será doada para o plantio em propriedades rurais do território de Irecê/Ba, e a outra parte será plantada no *Campus* XVI da Universidade do Estado da Bahia, como parte do programa de redução de ilhas de calor no *Campus* XVI e melhoria da temperatura do ambiente local.

Outra espécie que foi utilizada neste estudo/trabalho de reflorestamento e sensibilização da comunidade local para a arborização da Caatinga é a amêndoa (*Terminalia catappa*) ou amendoeira brava, castanhola, amendoeira tropical, amendoeira da praia, guarda-



sol entre outros. Essa espécie é comum no Brasil, principalmente onde tem praias, por possuir uma quantidade bastante numerosa de galhos e folhas, essa planta, além de oferecer sombreamento possui frutos que são comestíveis e possuem um sabor ligeiramente amargo.

Ela apresenta propriedades medicinais, além de serem muito nutritivas, é uma planta de rápido crescimento que se adapta facilmente ao solo árido, sua madeira pode ser utilizada para fabricação de artesanato, na construção civil interna leve, lenha, fabricação de compensados etc. A amendoeira é excelente opção para o reflorestamento de áreas com solos de baixa fertilidade, ao lado de outras espécies florestais, essa planta pode atingir aproximadamente 35 metros de altura e dois metros de diâmetro no tronco (WIKIPÉDIA, 2021).

O plantio dessa espécie pode ser através de sementes ou mudas em recipientes do tipo: vasos, potes, sacos entre outros, com terra adubada, colocando as sementes ou mudas com profundidade aproximadamente de três centímetros e cobri-las com esse mesmo substrato, deve-se manter esses recipientes em local seco, arejado, com temperatura ambiente e, principalmente, onde possa receber luz solar, essa espécie de planta não exige muita umidade.

Testes experimentais foram realizados com sementes e mudas: da amêndoa (muda), da algaroba (semente), da amora (muda), do licuri (coquilho), do umbu (muda), as mudas ficaram em um recipiente com água e, após um período determinado, foram retiradas (do recipiente com água) e plantadas em outro recipientes com terra e adubo bovino. Neste momento, essas mudas estão medindo aproximadamente de 15 a 17 centímetros de altura após dois meses, mantendo-se com seus caules e folhas verdes, além de estarem posicionadas em local arejado onde recebem luz solar e sombra diariamente. Outra espécie que está sendo cultivada para fins de repovoamento de áreas desprovidas de vegetação e, principalmente nas cidades é a espécie pata de vaca:

que é uma planta nativa da nossa Mata Atlântica pertencente à família *Fabaceae*, também é conhecida por unha de vaca, casco de vaca, mão de vaca, pata de boi, unha de boi, bauínia, miroró e mororó. Ela recebeu esse nome porque suas folhas lembram o formato do casco de uma vaca, de nome científico (*Bauhinia forficata*), é uma planta arbustiva que pode atingir aproximadamente oito metros de altura, suas folhas adultas medem de sete a doze centímetros de comprimento e são divididas em dois lobos. As flores são vistosas, de coloração branca ou rosa, possuem cinco pétalas compridas com até nove centímetros de comprimento, seus frutos são vagens achatadas e as sementes também são achatadas, de cor castanho-escuro (OFICINA DE ERVAS, 2021, online).

Essa espécie é plantada em ruas, avenidas, praças e jardins já que suas flores são consideradas muito bonitas, além disso, fornecem pólen para as abelhas. Como ela não cresce muito e se desenvolve rapidamente é recomendado à arborização. Ela também é uma ótima

planta para ajudar em reflorestamentos, por ser uma importante fixadora de nitrogênio do solo, as pétalas sendo frescas podem ser utilizadas na culinária em: doces, compotas e saladas. Antigamente e também nos dias atuais, essa planta é utilizada para tratamento de algumas enfermidades, pois suas folhas têm benefícios terapêuticos (OFICINA DE ERVAS, 2021).

Em nossas experimentações, realizamos o plantio de mudas e sementes em recipientes com terra adubada com esterco bovino. O plantio inicial foi em um recipiente com água e após poucos dias observou-se que já estava ocorrendo o enraizamento e até o presente momento está medindo doze centímetros de altura. Segue abaixo (Figura 1) alguns registros fotográficos do desenvolvimento inicial das ações do projeto.

Figura 1: Plantas e sementes de espécies nativas da caatinga (Jambo, pata de vaca, amêndoa, amora, sementes de pata de vaca).

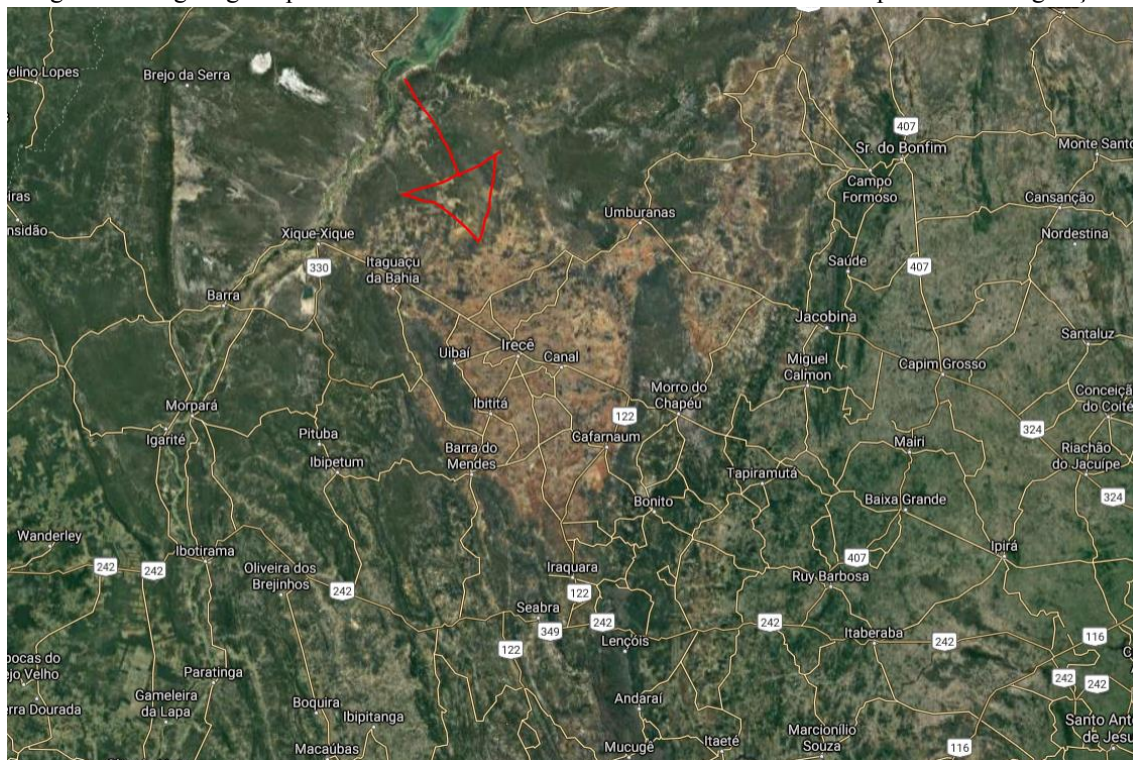


Fonte: os autores

A partir da imagem geoespacial (Figura 2) é possível perceber a mancha de desertificação (destacada por seta) formada no território de Irecê/Ba, e uma das maneiras de reverter essa situação é com o replantio de árvores que se adaptam ao clima quente e seco do

sertão, ou seja, as plantas nativas da região. Contudo, a criação de mudas e a redistribuição para replantio em praças, estradas, para produtores da cultura de agricultura familiar ou até mesmo para grandes produtores somando com a conscientização da importância da prevenção e das consequências que o desmatamento exagerado causa no planeta e consequentemente nas pessoas que nele habitam.

Figura 2: Imagem geoespacial do território de Irecê/Ba enfatizando as áreas desprovidas de vegetação.




Fonte: Google maps, adaptado pelos autores 2020.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

Este relato de experiência ainda encontra-se não finalizado, é dividido em etapas que são alteradas ao entender que uma determinada área já atingiu o mínimo necessário de vegetação (ilhas verdes). Nesse formato de atividade/ação, é sabido que os efeitos das observações e análises são mais lentos e as mudanças nas superfícies somente aparecerão após anos de projeto contínuo uma vez que as adversidades climáticas locais são fatores relevantes que impõem-se sobre as espécies e o trabalho de propagação e plantio das mudas e sementes, respectivamente.

A propagação, plantio e aceite da comunidade para com as mudas de umbuzeiro, de amendoeira, da algarobeira, do licuri e da pata de vaca vem sendo bastante significativa. Espera-se que esta experimentação possa contribuir gradativamente com formas de ressignificar o pensamento local sensibilizando as comunidades para a importância do cuidar e conservar o



meio ambiente local ou que ainda resta deste, e que o plantio das espécies aqui apresentadas possam contribuir de forma positiva na melhoria da qualidade ambiental das áreas/locais beneficiados do bioma Caatinga e da biodiversidade, resgatando e valorizando-os e acima de tudo, preservando os saberes associados a esta biodiversidade que faz parte do nosso patrimônio cultural e que, sem dúvida, é importantíssima ao desenvolvimento sustentável do planeta.

Esse projeto se destaca e projeta-se como importância territorial a partir do momento em que convidamos as comunidades a pensarem sobre o meio ambiente local, seus cuidados e sua relevância na qualidade de vida saudável e ecologicamente equilibrada. A ação humana, com a finalidade de ter áreas de plantio cada vez maiores leva ao desmatamento e ao desaparecimento de espécies, prejudicando o bioma local.

O gradativo replantio de árvores nativas e exóticas “nativas” da região como as citadas acima, colaboram de inúmeras formas. Esse processo de recuperação da vegetação não beneficia apenas a flora em si, mas traz outros benefícios a fauna e aos seres humanos, pois sabemos que as árvores colaboram em processos de liberação de oxigênio na atmosfera, serve de sombra e habitat de animais silvestre, lança frutos que beneficiam animais e geram renda para as pessoas que necessitam de complementação dessa renda. E assim, seguimos com o propósito de desenvolvermos mais ações/atividades para melhoria das condições do ambiente local e melhoria da qualidade de vida.

REFERÊNCIAS

ALVAREZ, Ivan et al. *Arborização urbana no semiárido: espécies potenciais da Caatinga*. Colombo: Embrapa Florestas, 2012, ISSN 1980-3958; 243. Disponível em: <<https://www.infoteca.cnptia.embrapa.br/bitstream/doc/947072/1/Doc.243arborizacaourbana.pdf>>. Acesso em: 15 set. de 2020.


AMENDOEIRA-DA-PRAIA. In: WIKIPÉDIA, *a enciclopédia livre*. Flórida: Wikimedia Foundation, 2021. Disponível em: <<https://pt.wikipedia.org/w/index.php?title=Amendoeira-da-praia&oldid=60713551>>. Acesso em: 14 abr. 2021.

BARBOSA, P.U.N.; FERNANDES, W.F. *Rupestrian Grassland: Past, Present and Future Distribution*. Springer International Publishing Switzerland, 2016.

BRASIL. MINISTÉRIO DO MEIO AMBIENTE - MMA. Disponível em <http://www.mma.gov.br/areasprotegidas/unidades>. Acesso em 26 de agosto de 2020.

BRASIL. MINISTÉRIO DO MEIO AMBIENTE - MMA. Disponível em <http://www.mma.gov.br/areasprotegidas/unidades>. Acesso em 26 de agosto de 2020.

BRASIL. MINISTÉRIO DO MEIO AMBIENTE. Disponível em: <<https://www.mma.gov.br/biomas/caatinga>>. Acesso em: 15 set. de 2020.



CAMPELLO, F.B.; GARIGLIO, M.A.; SILVA, J.A.; LEAL, A.M.A. *Diagnóstico florestal da região Nordeste*. Brasília: IBAMA/PNUD, 1999.

CASTRO, R.; REED, G.P.; FERREIRA, M.S.L.; AMARAL, A.O.M. Caatinga: um bioma brasileiro desprotegido. In: *Anais do VI Congresso de Ecologia do Brasil*. Fortaleza: Editora UFC, 2003

DOS SANTOS, A. P. S. et al. *O semiárido brasileiro: riquezas, diversidades e saberes*. Campina Grande: Instituto Nacional do Semiárido, 2013, p. 39.

EMBRAPA – *Centro Nacional de Monitoramento por Satélite (2001)*. *Brasil Visto do Espaço: Nordeste*. Disponível em: www.cdbrasil.cnpm.embrapa/ne/index.html. Acessado em 26 de set. de 2020.

FILHO, R. P. V.. *Caatinga e a comida do sertão na microrregião geográfica e cultural de Euclides da Cunha/Ba*.2018.292f.Tese (doutorado em planejamento territorial e desenvolvimento social) – UCSAL. Universidade Católica do Salvador. Salvador.

INSA. Instituto Nacional do Semiárido. *DESERTIFICAÇÃO E ALTERAÇÕES CLIMÁTICAS NO SEMIÁRIDO BRASILEIRO. Monitoramento sistemático de processos de desertificação no Semiárido brasileiro: subsídios para políticas públicas*. Acesso em 26/09/2020. Disponível em: http://www.insa.gov.br/?page_id=83. Acessado em 25 de set. De 2020.

LEAL, I.R.; SILVA, J.M.C.; TABARELLI, M.; LACHER JÚNIOR, T.E. Mudando o curso da conservação da biodiversidade na Caatinga do Nordeste do Brasil. *Revista Megadiversidade*, v.1, n.1, p.139-146, 2005.

MENDES, S. M.. *Impacto das mudanças climáticas na disponibilidade hídrica no bioma Caatinga*. 2015. 183 folhas. Dissertação (Pós-graduação em desenvolvimento e meio ambiente), Universidade Federal de Pernambuco, Recife, 2015.

MENDONÇA, L. B.; ANJOS, L. *Beija-flores (Aves, Trochilidae) e seus recursos florais em uma área urbana do Sul do Brasil*. *Revista Brasileira de Zoologia*. v. 22, n. 1, p. 51 – 59. 2005.

OFICINA DE ERVAS. Pata de vaca. Disponível em: [Pata de vaca: conheça os benefícios e como tomar \(oficinadeervas.com.br\)](http://oficinadeervas.com.br)>. Acesso em: 14 abr.2021.

OLIVEIRA, Visênico Ribeiro de. *Como plantar Umbu*. Disponível em : < [Como plantar umbu \(ruralpecuaria.com.br\)](http://ruralpecuaria.com.br)>. Acesso em: 14 abr.2021.

PROSOPIS JULIFLORA. In: WIKIPÉDIA, *a enciclopédia livre*. Flórida: Wikimedia Foundation, 2019. Disponível em: <https://pt.wikipedia.org/w/index.php?title=Prosopis_juliflora&oldid=55152841>. Acesso em: 12 abr.2021.

SILVA, J.A.L. (2010). *Uma Discussão sobre Desertificação: caso do município de Pedra Lavrada-PB*. TCC, UEPB, 2010.

SILVA, R. S.; MAGALHÃES, H. *Ecotécnicas urbanas*. *Ciência & Ambiente*. n. 7, p. 33 - 42. 1993.



THE NATURE CONSERVANCY DO BRASIL E ASSOCIAÇÃO CAATINGA (2004). As unidades de conservação do bioma Caatinga: In: SILVA, J.M.C.; TABARELLI, M.; FONSECA, M.T.; LINS, L.V. (Org.). *Biodiversidade da Caatinga: áreas e ações prioritárias para a conservação*. Brasília: Ministério do Meio Ambiente, p.295-300, 2004.



CAPÍTULO 24

A GENÉTICA DA CONSERVAÇÃO COMO FERRAMENTA NA DELIMITAÇÃO DE *HOTSPOTS* DE BIODIVERSIDADE

DOI: 10.47402/ed.ep.c202152624097

Daiana Kaster Garcez, Doutoranda em Biologia de Ambientes Aquáticos Continentais, Universidade Federal do Rio Grande

Tainã Figueiredo Cardoso, Doutora em Produção Animal, Universitat Autònoma de Barcelona

Estela Fernandes e Silva, Doutora em Ciências Fisiológicas pela Universidade Federal do Rio Grande, professora de Ciências - Pelotas e Rio Grande


Karine Laste Macagnan, Doutora em Biotecnologia, UFPel,

Louise Vargas Ribeiro, Doutora em Agronomia, Universidade Federal de Pelotas

Eduarda Medran Rangel, Doutora em Ciência e Engenharia de Materiais, UFPel, Professora de Ciências, Prefeitura de Rio Grande

RESUMO

A biodiversidade do nosso planeta enfrenta uma crise de proporções históricas. Hoje, as espécies estão se extinguindo em um ritmo mais rápido desde a extinção em massa dos dinossauros. O Brasil é o país com maior biodiversidade do mundo, na qual as espécies se distribuem por muitos biomas ameaçados pela ação antrópica, principalmente devido à urbanização, poluição e doenças. A conservação da biodiversidade em seus três níveis (genético, espécie e ecossistema) se faz necessária, visto que o valor intrínseco da biodiversidade se estende também no que tange a regulação do clima, qualidade da água, ciclagem de nutrientes e outros benefícios para o bem-estar humano. Assim, torna-se importante delimitar microrregiões de grande biodiversidade para a conservação a fim de otimizar a tomada de decisões. Nesse sentido, a genética da conservação surge como uma ferramenta na delimitação de *hotspots* de biodiversidade, auxiliando na redução do risco de extinção de populações e espécies. Portanto, o objetivo desse capítulo é realizar uma revisão de literatura sobre a utilização da genética da conservação para delimitar *hotspots*. O conceito de *hotspot* se refere a qualquer região com biodiversidade excepcionalmente alta em nível genético, de espécie e de ecossistema. Atualmente, existem 36 *hotspots* globais, locais onde o sucesso na conservação de espécies pode ter um enorme impacto na proteção de nossa biodiversidade global. Existem diferentes formas de identificar os *hotspots*, tanto as métricas baseadas em espécies (riqueza de espécies, riqueza de espécies endêmicas e número de espécies ameaçadas), quanto as baseadas em abordagens filogenéticas. No entanto, abordagens filogenéticas têm se mostrado mais integrativas ao quantificar as informações evolutivas representadas dentro dos táxons. A utilização dessas informações filogenéticas pela genética da conservação pode melhor caracterizar e descrever os padrões de biodiversidade. A variabilidade genética pode ser utilizada para verificar os limites entre espécies, auxiliar na resolução de incertezas taxonômicas e na definição de unidades de gestão dentro de espécies. A conservação das espécies está diretamente relacionada ao reconhecimento de suas áreas de ocorrência e à proteção de pequenos remanescentes de *habitat*, bem como com a delimitação de *hotspots*, incluindo os regionais, pois a maioria dos processos de tomada de decisão são realizados a nível



municipal. Desse modo, a genética da conservação é uma ciência fundamental para auxiliar na manutenção da biodiversidade.

PALAVRAS-CHAVE: Abordagem filogenética, Diversidade, Espécies, Populações, Variação genética.


INTRODUÇÃO

O Brasil, com uma área de 8.511.996 km², é o país com maior biodiversidade do mundo destacando-se por possuir uma biodiversidade que corresponde a mais de 15% da todas as espécies vivas do planeta (MMA, 2017), em ecossistemas únicos como a Amazônia, a Mata Atlântica e o Cerrado. No entanto, a escassez de recursos naturais reforça a necessidade de um pensamento a longo prazo para o desenvolvimento da sociedade. Assim, é fundamental delimitar microrregiões de grande biodiversidade para definir prioridades de conservação, para que seja possível a tomada de decisões de conservação com um menor custo.

O valor intrínseco da biodiversidade se estende além da diversidade de espécies, patrimônio genético, variabilidade do ecossistema e serviços ecológicos, tange também a regulação do clima, qualidade da água, ciclagem de nutrientes e fornecimento de *habitats* reprodutivos, além de ser uma fonte inesgotável de moléculas e produtos benéficos para o bem-estar humano (PILON et al., 2017). A União Internacional para a Conservação da Natureza e dos Recursos Naturais (IUCN, em inglês) reconheceu a necessidade de conservação da biodiversidade em seus três níveis: genético, de espécie e de ecossistema (MCNEELY et al., 1990).

Especificamente, a importância da diversidade genética reside no fato de sua capacidade de reduzir a depressão por endogamia (FRANKHAM; BALLOU; BRISCOE, 2004), sendo fonte de recursos fundamentais para a evolução das espécies (FRANKEL; BENNETT, 1970), fato que tem potencial de melhorar a aptidão da população e reduzir o risco de extinção (VELLEND; GEBER, 2005). Mesmo tendo-se em vista a importância da conservação genética, esse tipo de abordagem restringe-se, muitas vezes, a espécies de valor comercial para humanos (ZHU et al., 2018). A perda de diversidade genética pode contribuir para o risco de extinção em populações naturais, reduzindo a aptidão individual e o potencial de uma população se adaptar a um ambiente em mudança.

A genética da conservação nos permite investigar a diversidade, distribuição e função da variação genética em populações de interesse para a conservação (FRITH; HOELZEL, 2013). Segundo Frankham (2019), podemos definir a genética da conservação como a aplicação




da genética para reduzir o risco de extinção de populações e espécies. Através dela são considerado os diferentes fatores genéticos que causam raridade, perigo e extinção (consanguinidade e perda de diversidade genética), manejo genético para minimizar esses impactos, o uso de marcadores genéticos para ajudar a resolver incertezas taxonômicas em espécies ameaçadas, para entender sua biologia e para detectar caça ilegal ou comércio de espécies ameaçadas. Se os fatores genéticos forem ignorados, os programas de conservação de espécies ameaçadas, incluindo em regiões *hotspots*, locais que apresentam biodiversidade excepcionalmente alta em nível de ecossistema, espécie e genética (MARCHESE, 2015), podem falhar. Além disso, a genética da conservação fornece ferramentas para orientar os esforços de conservação e restauração, medir e monitorar o sucesso e, em última análise, minimizar o risco de extinção ao conservar as espécies como entidades dinâmicas capazes de evoluir em face das mudanças nas condições (KRAMER; HAVENS, 2009).

BIODIVERSIDADE

A definição de biodiversidade pode ser um desafio, variando enormemente entre pesquisadores (NAEEM et al., 2016). Contudo, em um primeiro momento, ao pensarmos em biodiversidade, automaticamente nos remetemos a ideia de variabilidade de espécies ou formas de vida, tanto animal quanto vegetal, concomitante com sua função ecológica e variedade filogenética, genética, trófica ou outras formas pelas quais os diferentes organismos podem variar entre si (MURPHY, 1997; RAY, 1997). Ao aprofundarmos essa definição, Bourlegat (2003 p. 8 e 9) nos diz que a biodiversidade;

[...] refere-se a três níveis de diversidade biológica: genética, de espécies, e de ecossistemas. A diversidade genética diz respeito à informação genética contida nos genes dos indivíduos (plantas, animais e micro-organismos) de um dado ambiente. A diversidade de espécies, por seu turno, tem origem na variedade de tipos de organismos vivos. Já na diversidade de ecossistemas estão inseridas as variabilidades de habitat, comunidades bióticas e processos ecológicos vitais a manutenção de sua integridade.

A diversidade de espécies é a biodiversidade no nível mais básico, partindo do princípio que não existem dois indivíduos da mesma espécie exatamente iguais (AGRAWAL, 2003; VELLEND; GEBER, 2005). Essa diversidade é devida basicamente à diversidade genética, na qual cada indivíduo de uma determinada espécie difere do outro em sua constituição genética (AGRAWAL, 2003). Podemos definir que a biodiversidade ecológica se refere às variações nas espécies vegetais e animais vivendo juntos e conectados por cadeias alimentares e teias alimentares, isto é, a coleção de organismos vivos e não vivos e sua interação uns com os outros



(BAIREY; KELSIC; KISHONY, 2016). A diversidade em diferentes ecossistemas, como desertos, florestas tropicais, manguezais etc., inclui a diversidade ecológica.

Conforme a Convenção sobre a Diversidade Biológica, realizada em 1992, a diversidade biológica e de seus componentes possuem além de seus valores intrínsecos, diversos valores sejam eles ecológico, genético, social, econômico, científico, educacional, cultural, recreativo e estético. Além disso, a biodiversidade é um elemento central para o desenvolvimento social/econômico e para o bem-estar da humanidade (KELLERT; WILSON, 1993). No entanto, as atividades antrópicas vêm sendo um acelerador no processo de degradação e eliminação de *habitats* e comunidades por completo (MYERS, 1997), levando a uma desestabilização de comunidades ecológicas e assim, a um decréscimo da capacidade dessas comunidades de fornecer uma boa quantidade de serviços ecossistêmicos, como a melhora do clima e a redução da temperatura local (MURPHY, 1997).


Nesse cenário, as áreas ricas em biodiversidade, principalmente em espécies endêmicas e que, possuem um alto grau de degradação ambiental - as chamadas áreas *hotspots* de biodiversidade, são as que precisariam, com maior urgência, de atenção (MYERS et al., 1988).

1. HOTSPOTS DE BIODIVERSIDADE

CONCEITO

O conceito de *Hotspots* foi utilizado pela primeira vez em 1988 por Norman Myers (MYERS, 1988). Esse autor identificou dez *hotspots* em florestas tropicais caracterizados por níveis excepcionais de endemismo de plantas e por taxas notáveis de destruição de *habitats*, sem estabelecer critérios quantitativos com relação à definição de um *hotspot*. No ano seguinte, a Conservação Internacional formalizou o conceito com modificações e acréscimos, e ao longo dos anos seguintes fizeram uma reavaliação do conceito (CI - <http://www.conservation.org>; MYERS, 1990). Para ser considerada como região *hotspot*, a mesma deve preencher pelo menos dois critérios, um deles é abrigar no mínimo 1.500 espécies de plantas vasculares endêmicas e ainda ter 30% ou menos da sua vegetação original, extensão da cobertura do *habitat* histórico, mantida (MYERS et al., 2000).

No entanto, em um sentido amplo, o conceito de *hotspot* pode se referir a qualquer região com biodiversidade excepcionalmente alta em nível de ecossistema, espécie e genética (MARCHESE, 2015). Segundo este mesmo autor, existem 35 *hotspots* de biodiversidade, os quais cobrem apenas 17,3% da superfície terrestre e são caracterizados pela biodiversidade excepcional e pela perda considerável de *habitat* (MYERS et al., 2000). Mais precisamente,



esses locais mantêm 77% de todas as espécies de plantas endêmicas, 43% dos vertebrados (incluindo 60% de mamíferos e aves ameaçados) e 80% de todas as espécies ameaçadas de anfíbios (MITTERMEIER et al., 2011; WILLIAMS et al., 2011).

2. IDENTIFICAÇÃO DE HOTSPOTS

Os *hotspots* de biodiversidade são áreas específicas onde existem concentrações grandes de biodiversidade. Essas áreas são geralmente definidas por um ou mais métricas baseadas em espécies (riqueza de espécies, riqueza de espécies endêmicas e número de espécies raras ou ameaçadas) ou com foco na diversidade filogenética e funcional, com a finalidade de proteger espécies que suportam papéis únicos e insubstituíveis dentro do ecossistema (MARCHESE, 2015).

2.1 MÉTRICAS BASEADAS EM ESPÉCIES

RIQUEZA DE ESPÉCIES

Os valores de número de indivíduos e de riqueza de espécies são uma das formas mais proeminentes e prontamente reconhecíveis de biodiversidade (MYERS et al., 2000), isto é, o valor desse índice aumenta à medida que a riqueza de espécies também aumenta. Dentro de um *hotspot* de biodiversidade temos uma biota separada ou comunidade de espécies que se unem como uma unidade biogeográfica (MYERS et al., 2000). Atualmente, a maioria dos estudos utilizam os padrões de biodiversidade apenas com base no número de espécies, usando a riqueza como variável preditora, e não distinção interespecífica (CADOTTE, 2011; ROSCHER et al., 2012).

ESPÉCIES ENDÊMICAS

Um passo importante na conservação da biodiversidade é identificar as espécies endêmicas de um bioma, ou seja, identificar as prioridades de conservação entre as ecorregiões através da determinação do número e da identidade de espécies endêmicas nas regiões (LOYOLA; KUBOTA; LEWINSOHN, 2007). Por definição, espécies endêmicas são as espécies de animais ou vegetais que estão limitadas a pequenas áreas ou regiões geográficas (RICKLEFS, 1996). O endemismo pode ser identificado através de diversos métodos em escala continental (SILVA; SOUSA; CASTELLETTI, 2004), sendo que o método mais utilizado para identificar regiões com altas concentrações endêmicas é utilizando a sobreposição de mapas de distribuição de diferentes táxons ao mesmo tempo, com os intervalos de sobreposição auxiliando a delinear os limites das áreas (MÜLLER, 1973).




ESPÉCIES AMEAÇADAS

Outra métrica, comumente avaliada junto à identificação de espécies endêmicas, é a identificação de espécies raras e/ou ameaçadas de extinção. A remoção ou extinção em um *hotspot* pode induzir modificações na estrutura do ecossistema e perda de biodiversidade, afetando direta e indiretamente todos os níveis tróficos (PRIMACK; RODRIGUES, 2001), bem como a perda de fluxo gênico, o que as torna mais suscetíveis aos processos de endogamia, reduzindo a diversidade genética e acelerando o processo de extinção de espécies (YOUNG; BOYLE; BROWN, 1996; FRANKHAM, 2005). Atualmente, mais de 28% das espécies do mundo todo estão ameaçadas em algum grau e mais de 1 milhão de espécies correm algum tipo de risco (IUCN, 2021).

2.2 GENÉTICA DA CONSERVAÇÃO E ABORDAGENS FILOGENÉTICAS

O uso de métricas baseadas em espécies continua sendo o principal método para caracterizar e mapear a distribuição da diversidade biológica, identificando áreas como *hotspots* de biodiversidade. No entanto, a diversidade ou história evolutiva está distribuída de forma desigual entre táxons e entre áreas (CHAO et al., 2014). Portanto, abordagens filogenéticas têm se mostrado mais integrativas ao quantificar as informações evolutivas representadas dentro dos táxons. Dentro desse tipo de abordagem, a perda de diversidade filogenética pode ser um bom indicador de vulnerabilidade do ecossistema, fornecendo uma medida mais abrangente do que aquelas baseadas exclusivamente na riqueza de espécies. D'Agata et al. (2014) mostraram que, apesar de uma perda mínima de riqueza de peixes que pode ocorrer ao longo de um gradiente de pressão humana, diferentes linhagens filogenéticas podem ser perdidas. Portanto, a diversidade filogenética pode ser mais útil do que a riqueza de espécies na manutenção dos serviços ecossistêmicos (CADOTTE; DAVIES, 2010).

Neste âmbito, outras informações importantes podem ser fornecidas pela análise do posicionamento filogenético das espécies, na qual a prioridade de conservação de uma espécie é inferida a partir da topologia de uma árvore filogenética, favorecendo táxons basais não pertencentes a linhagens específicas (VANE-WRIGHT et al., 1991). Provavelmente, a disponibilidade crescente de dados moleculares e os avanços recentes em *softwares* e métodos filogenéticos (ROQUET; THUILLER; LAVERGNE, 2013) irá aprimorar ainda mais o uso de informações filogenéticas pela genética da conservação para melhor caracterizar e descrever os padrões de biodiversidade, fornecendo informações adicionais para orientar a tomada de decisões de conservação.




A genética da conservação é um campo que utiliza teorias e técnicas genéticas visando diminuir o risco de extinção em espécies ameaçadas (FRANKHAM; BALLOU; BRISCOE, 2004). Possui como objetivo central a utilização de marcadores moleculares e sua interpretação ecológica e evolutiva para auxiliar na diminuição de danos causados às espécies pelas atividades antrópicas (SOLÉ-CAVA; CUNHA, 2012).

Dentro da genética da conservação, a variabilidade genética pode ser utilizada como um instrumento para investigar processos macroevolutivos, verificando os limites entre as espécies e auxiliando na resolução de incertezas taxonômicas. Essa variabilidade também permite a comparação entre indivíduos, populações e espécies (SOLÉ-CAVA; CUNHA, 2012). Além disso, essa informação genética também é capaz de investigar os processos microevolutivos, auxiliando na definição de unidades de gestão dentro de espécies, visto que a biodiversidade pode estar escondida na forma de espécies crípticas, que inicialmente parecem morfologicamente indistinguíveis, mas são compostas de duas ou mais espécies distintas (FRANKHAM; BALLOU; BRISCOE, 2004). Quando associados, estudos de nível macro e microevolutivo podem permitir o estabelecimento de padrões concordantes, o que pode fornecer informações importantes para a compreensão da origem da biodiversidade local e para o estabelecimento de unidades geográficas de conservação.

Esse grau de diferenciação genética entre as populações também deve influenciar na escolha de estratégias de gestão de espécies. Em particular, quando as populações estão estruturadas, translocações não são adequadas devido aos riscos de perturbar a adaptação local e levará a uma perda do “combustível” para respostas a futuras mudanças ambientais. Na verdade, o conceito de Unidades Evolutivas Significativas (ESU, em inglês) foi criado para superar este último problema (RYDER, 1986). Portanto, a estratégia de conservação deve procurar preservar a diversidade da espécie em toda a sua distribuição, pois já podem existir adaptações locais que se perderiam no caso de mistura ou extinção dessas populações (FRANKHAM; BALLOU; BRISCOE, 2004). Nesse sentido, a filogeografia desempenha o papel de fornecer uma mensagem precisa aos conservacionistas para ajudá-los a incorporar “processos microevolutivos” a um custo financeiro moderado (DINIZ-FILHO et al., 2008).

EXEMPLOS

Como observamos anteriormente, para estudos de conservação de espécies ameaçadas, deve ser levado em consideração não a espécie, mas as unidades de manejo, que são subpopulações diferenciadas geneticamente (BERG; GUTTMAN; CANTONWINE, 1996).



Por exemplo, um estudo com sequenciamento da região controle mitocondrial do veado-dos-pampas (*Ozotoceros bezoarticus*) revelou que suas populações estavam estruturadas, indicando também uma relação entre diferenciação populacional e distância geográfica desde o cerrado brasileiro até a Argentina (GONZÁLEZ et al., 1998). Assim, para esta espécie, a preservação dos *habitats* deve acontecer ao longo de toda a sua distribuição (SOLÉ-CAVA; CUNHA, 2012).

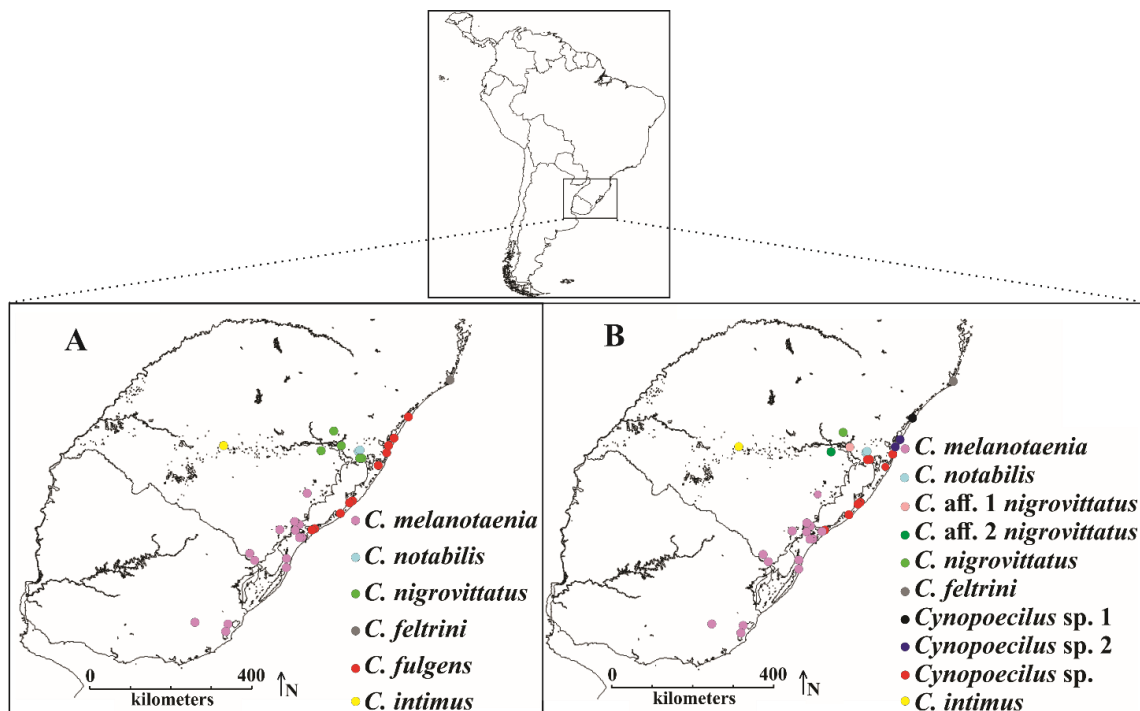
Apesar de tartarugas-de-pente (*Eretmochelys imbricata*) possuírem grande capacidade de dispersão, suas populações também estão muito estruturadas, seguindo um modelo de ilhas (BASS et al., 1996). Foi possível verificar que os indivíduos existentes em uma região de alimentação, em Porto Rico, vinham de toda a região caribenha e que projetos de conservação das regiões de desova, apesar de importantes, seriam inúteis se não fossem acompanhados da preservação também das áreas de alimentação (BOWEN et al., 1996). Assim, para espécies com alto grau de dispersão, as fronteiras políticas são irrelevantes e a conservação de espécies precisa ser feita entre vários países (BOWEN et al., 1996; SOLÉ-CAVA; CUNHA, 2012).

Outro exemplo de espécie que requer uma ação de conservação coordenada entre diferentes países é a toninha (*Pontoporia blainvillei*), uma espécie de golfinho considerada ameaçada de extinção no Brasil. Foi observada uma alta diferenciação genética e com base nesses resultados e em parâmetros biológicos e populacionais foram propostas quatro unidades de manejo para a espécie, se estendendo entre Brasil, Uruguai e Argentina (SECCHI et al., 1998). No Rio de Janeiro, em um estudo com cinco espécies de peixes anuais, Costa (2012) avaliou os níveis de prioridade de conservação para cada área com base no posicionamento filogenético de suas espécies, seguindo o método inicialmente descrito por Vane-Wright et al. (1991), e encontrou que o charco da Barra de São João e o de Cava são indicados como os *habitats* com maior prioridade de conservação.

Garcez et al. (2018) encontraram que a situação da espécie de peixe anual *Austrolebias wolterstorffi* é ainda mais agravada pelo fato de que esta espécie se mostrou subdividida em seis grupos de populações estruturados geneticamente, que constituem duas grandes linhagens distribuídas no estado brasileiro do Rio Grande do Sul e no Uruguai. Outro estudo (GARCEZ et al., 2020) utilizou marcador mitocondrial e nuclear para delimitar espécies de peixes anuais do gênero *Cynopoecilus*. Neste âmbito, os resultados evidenciaram a subdivisão de *Cynopoecilus* em 8 a 10 grupos bem sustentados (Figura 1), que compreendem diferentes populações das seis espécies conhecidas anteriormente. No entanto, uma espécie foi

considerada inválida e foram apresentadas pelo menos quatro possíveis espécies novas. Sendo que em um estudo posterior ainda não publicado com análises morfológicas confirmou que uma dessas quatro espécies constitui, de fato, uma nova espécie.


Figura 1: Mapa de distribuição dos 34 locais de amostragem de *Cynopoecilus*, enfatizando as diferenças entre os limites das espécies tradicionais (a) e as linhagens definidas após este estudo (b)



Fonte: Garcez et al. (2020)

A genética também tem contribuído na descoberta de espécies crípticas dentro de espécies consideradas como bem conhecidas, uma fonte bem conhecida de subestimativa da biodiversidade. Um exemplo é o caso do mexilhão-europeu (*Mytilus edulis*) que é utilizado como modelo em estudos de controle de poluição. Porém, estudos moleculares revelaram que essa espécie tem regiões de ampla hibridização com outras duas espécies do gênero, complicando a sua utilização para controle ambiental (QUESADA; BEYNON; SKIBINSKI, 1995). Algo semelhante foi encontrado no anfípode *Hyaella azteca*, utilizado como indicador em testes de ecotoxicologia para estudos de qualidade da água, quando descobriu-se que essa espécie é, na verdade, um aglomerado de pelo menos quatro espécies diferentes (HOGG et al., 1998).

Em organismos explorados comercialmente também acontecem processos semelhantes. O cação-anjo (*Squatina argentina*), uma espécie pescada comercialmente principalmente na região sul do Brasil, era considerada como uma única espécie. No entanto, estudos moleculares identificaram pelo menos três espécies diferentes do gênero no sul do Brasil (SOLÉ-CAVA;




LEVY, 1987). Além disso, a espécie de camarão comercialmente mais importante da costa brasileira (*Farfantepenaeus subtilis*) é, na verdade, duas espécies distintas (GUSMÃO; LAZOSKI; SOLÉ-CAVA, 2000). O camarão-sete-barbas (*Xiphopenaeus kroyeri*) inclui duas espécies no Brasil (GUSMÃO et al., 2006).

Análises moleculares realizadas com quatro genes nucleares (ROCA et al., 2001) revelaram que o elefante-africano é constituído por duas espécies diferentes, uma nas savanas (*Loxodonta africana*) e outra nas florestas (*L. cyclotis*). Em girafas, através de análises de sequências mitocondriais e microssatélites, o que era considerada uma única espécie (*Giraffa camelopardalis*) surpreendentemente revelou ser um conjunto de seis espécies crípticas (BROWN et al., 2007).

Portanto, os instrumentos existem e podem ser utilizados como guias para a formulação de políticas de conservação, principalmente quando são realizados estudos comparativos com mais de uma espécie de uma mesma região (SOLÉ-CAVA; CUNHA, 2012). Fica evidente a importância da demarcação de *hotspots*, que busquem delimitar locais com maiores prioridades de conservação das linhagens genéticas e suas áreas de ocorrência. Assim, esse mapeamento pode fornecer subsídios para a formulação e implementação de políticas públicas voltadas ao estabelecimento de áreas de conservação *in situ* de espécies e suas comunidades associadas.

3. CRÍTICAS

O conceito de *hotspots* foi usado como uma importante estratégia para a ação de conservação global. No entanto, esse tema tem gerado algumas críticas. De acordo com Sloan et al. (2014), o *hotspots* tornou-se a principal abordagem global de priorização da conservação, perfazendo um investimento de mais de US\$ 1 bilhão. Os autores comentam que essa abordagem é parcialmente econômica e que não é possível proteger toda a gama de biodiversidade, uma vez que certamente não seria uma meta realista. Dessa forma, a conservação da biodiversidade, para ser eficaz, deve ser priorizada, e os fundos de investimento devem ser alocados com cuidado (MYERS, 2003). Os locais mais pobres em número de espécies, chamados de *Coldspots*, que não tem investimento, desempenham um papel ecológico importante. Ao investirem exclusivamente em *hotspots* e ignorar os *Coldspots*, correm o risco de perder grandes áreas naturais e ecologicamente importantes que contribuem muito para os ecossistemas (KAREIVA; MARVIER, 2003). Além disso, os *hotspots* de biodiversidade ignoram as regiões de transição ecológica. Assim, alguns autores utilizam de uma abordagem mais abrangente para incluir regiões importantes para a geração e manutenção da



biodiversidade, independentemente de saber se elas são "ricas em espécies" (SMITH et al., 2001).


Outra crítica sobre esse sistema é a falta de consideração com o papel dos invertebrados como por exemplo, os insetos herbívoros, os fungos herbívoros e os nematoides, na tomada de decisão sobre os *hotspots* de biodiversidade global (STORK; HABEL, 2014). Além disso, uma análise mais detalhada do papel das plantas como espécies guarda-chuva para esses organismos herbívoros poderia também ser levada em consideração (STORK; HABEL, 2014).

Apesar dessa estratégia de conservação não ser completamente livre de críticas, o *hotspot* tornou-se uma ferramenta fundamental para orientar os esforços de conservação e, atualmente, desempenha um papel de prioridade na tomada de decisão com boa relação custo-benefício (O'DONNELL et al., 2012).

CONSIDERAÇÕES FINAIS E PERSPECTIVAS

O reconhecimento de *hotspots* de biodiversidade em nível global ainda é pouco sensível e a identificação mais apurada faz-se necessária. Nesse contexto, Noroozi et al. (2018) propõe a utilização da identificação de áreas de endemismo como alternativa para aumentar a sensibilidade de identificação dessas áreas de *hotspots*. Além disso, as mudanças climáticas podem afetar negativamente a biodiversidade de modo que a compreensão sobre os cenários climáticos futuros pode auxiliar na previsão dos locais onde poderão ocorrer pontos críticos de endemismo. Nesse sentido, estudos genéticos se fazem necessários para identificar a biodiversidade escondida e compreender os padrões de composição da diversidade genética e da história evolutiva de espécies que habitam áreas com grande biodiversidade. Assim, será essencial prever as consequências das mudanças climáticas para as espécies individuais, além de se compreender quais os fatores impulsionam a estrutura genética dentro e entre as populações (SCHIERENBECK, 2016). Outra perspectiva para auxiliar nos estudos para conservação de biodiversidade trata-se de se reconhecer a história evolutiva, ao se considerar que a probabilidade de extinção não é um fator aleatório e que a diversidade filogenética é perdida em taxas mais altas do que diversidade de espécies (BUERKI et al., 2015).

Assim, a conservação das espécies está intimamente relacionada ao reconhecimento de suas áreas de ocorrência e à proteção de pequenos remanescentes de *habitat*, bem como ao fortalecimento de políticas públicas voltadas para a conservação dessas áreas e um forte plano de educação e divulgação ambiental. Como o licenciamento ambiental é em grande parte realizado no nível municipal, a delimitação dos *hotspots* regionais é de grande importância. De



fato, a maioria dos processos de tomada de decisão são realizados a nível municipal, e estes capazes de ameaçar ou garantir a proteção de diversos *hotspots* de biodiversidade. Pode-se dizer, por fim, que a genética da conservação merece destaque devido à sua importância na delimitação de hotspots a serem conservados.

REFERÊNCIAS

AGRAWAL, A. A. Community genetics: new insights into community ecology by integrating population genetics. **Ecology**, v. 84, p. 543–544., 2003.

BAIREY, E.; KELSIC, E.; KISHONY, R. High-order species interactions shape ecosystem diversity. **Nature Communications**, v. 7, 12285, 2016.

BASS, A. L.; GOOD, D. A.; BJORNDAL, K. A.; RICHARDSON, J. I.; HILLIS, Z. M.; HORROCKS, J. A.; BOWEN, B. W. Testing models of female reproductive migratory behaviour and population structure in the Caribbean hawksbill turtle, *Eretmochelys imbricata*, with mtDNA sequences. **Molecular Ecology**, v. 5, p. 321–328, 1996.

BERG, D. J.; GUTTMAN, S. I.; CANTONWINE, E. G. Geographic variation in unionid genetic structure: Do management units exist? **Journal of Shellfish Research**, v. 15, p. 484, 1996.

BOURLEGAT, C. A. L. A fragmentação da vegetação natural e o paradigma do desenvolvimento rural. In: COSTA, R. B. **Fragmentação florestal e alternativas de desenvolvimento rural na Região Centro-Oeste**. Campo Grande: UCDB, 2003.

BOWEN, B. W.; BASS, A. L.; GARCIA-RODRIGUEZ, A.; DIEZ, C. E.; VAN DAM, R.; BOLTEN, A.; BJORNDAL, K. A.; MIYAMOTO, M. M.; FERL, R. J. Origin of Hawksbill Turtles in a Caribbean Feeding Area as Indicated by Genetic Markers. **Ecological Applications**, v. 6, p. 566–572, 1996.


BROWN, D. M.; BRENNEMAN, R. A.; KOEPFLI, K. P.; POLLINGER, J. P.; MILÁ, B.; GEORGIADIS, N. J.; LOUIS JR, E. E.; GREETHER, G. F.; JACOBS, D. K.; WAYNE, R. K. Extensive population genetic structure in the giraffe. **BMC Biology**, v. 5, 2007.

BUERKI S, CALLMANDER MW, BACHMAN S, MOAT J, LABAT J-N, FOREST F. Incorporating evolutionary history into conservation planning in biodiversity hotspots. **Philosophical Transactions B** v. 370, p. 20140014, 2015.

CADOTTE, M. W. The new diversity: management gains through insights into the functional diversity of communities. **Journal of Applied Ecology**, v. 48, p. 1067–1069, 2011.

CADOTTE, M. W.; DAVIES, J. T. Rarest of the rare: advances in combining evolutionary distinctiveness and scarcity to inform conservation at biogeographical scales. **Diversity and Distributions**, v. 16, n. 3, p. 376–385, 2010.

CHAO, A.; CHIU, C. H.; HSIEH, T. C.; DAVIS, T.; NIPPERESS, D. A.; FAITH, D. P.; O'HARA, R. B. Rarefaction and extrapolation of phylogenetic diversity. **Methods in Ecology and Evolution**, v. 6, p. 380–388, 2014.



CI - Conservation International. Disponível em: <http://www.conservation.org>. Acessado em 01 abr 2021.

COSTA, W. J. E. M. Delimiting priorities while biodiversity is lost: Rio's seasonal killifishes on the edge of survival. **Biodiversity and Conservation**, v. 21, n. 10, p. 2443–2452, 2012.

D'AGATA, S.; MOUILLOT, D.; KULBICKI, M.; ANDREFOUET, S.; BELLWOOD, D. R.; CINNER, J. E.; COWMAN, P. F.; KRONEN, M.; PINCA, S.; VIGLIOLA, L. Human-mediated loss of phylogenetic and functional diversity in coral reef fishes. **Current Biology**, v. 24, n. 5, p. 555–560, 2014.

DINIZ-FILHO, J. A. F.; CAMPOS TELLES, M.; BONATTO, S.; EIZIRIK, E.; DE FREITAS, T.; MARCO, P.; SANTOS, F.; SOLÉ-CAVA, A.; SOARES, T. Mapping the evolutionary twilight zone: molecular markers, populations and geography. **Journal of Biogeography**, v. 35, n. 5, p. 753–763, 2008.

FRANKEL, O. H.; BENNETT, E. **Genetics resources in plants-their exploration and conservation**. Blackwell Scientific Publications. Oxford. 1970.

FRANKHAM, R. Genetics and extinction. **Biological Conservation**, v. 126, p. 131–140, 2005.

FRANKHAM, R.; BALLOU, J. D.; BRISCOE, D. A. **A primer of conservation genetics**. Cambridge: Cambridge University Press, 2004.

FRANKHAM, Richard. Conservation Genetics. **Encyclopedia of Ecology**, v. 1, p. 382-390, 2019.


FRITH, K. E.; HOELZEL, A. R. Conservation Genetics. **Encyclopedia of Biodiversity**, p. 263–277, 2013.

GARCEZ, D. K.; BARBOSA, C.; LOUREIRO, M.; VOLCAN, M. V.; LOEBMANN, D.; QUINTELA, F. M.; ROBE, L. J. Phylogeography of the critically endangered neotropical annual fish, *Austrolebias wolterstorffi* (Cyprinodontiformes: Aplocheilidae): genetic and morphometric evidence of a new species complex. **Environmental Biology of Fishes**, v. 101, p. 1503–1515, 2018.

GARCEZ, D. K.; FERNANDES, M. O.; OZÓRIO, G. R.; VOLCAN, M. V.; ROBE, L. J. Phylogenetic structure of Neotropical annual fish of the genus *Cynopoecilus* (Cyprinodontiformes: Rivulidae), with an assessment of taxonomic implications. **Journal of Zoological Systematics and Evolutionary Research**, v. 58, p. 1123–1134, 2020.

GONZÁLEZ, S.; MALDONADO, J. E.; LEONARD, J. A.; VILA, C.; DUARTE, J. M. B.; MERINO, M.; BRUM-ZORRILLA, N.; WAYNE, R. K. Conservation genetics of the endangered Pampas deer (*Ozotoceros bezoarticus*). **Molecular Ecology**, v. 7, p. 47–56, 1998.

GUSMÃO, J.; LAZOSKI, C.; MONTEIRO, F. A.; SOLÉ-CAVA, A. M. Cryptic species and population structuring of the Atlantic and Pacific seabob shrimp species, *Xiphopenaeus kroyeri* and *Xiphopenaeus riveti*. **Marine Biology**, v. 149, p. 491–502, 2006.



GUSMÃO, J.; LAZOSKI, C.; SOLÉ-CAVA, A. A new species of *Penaeus* (Crustacea: Penaeidae) revealed by allozyme and cytochrome oxidase I analyses. **Marine Biology**, v. 137, p. 435–446, 2000.

HOGG, I. D.; LAROSE, C.; DE LAFONTAINE, Y.; DOE, K. G. Genetic evidence for a *Hyalella* species complex within the Great Lakes - St. Lawrence River drainage basin: implications for ecotoxicology and conservation biology. **Canadian Journal of Zoology**, v. 76, p. 1134–1140, 1998.

IUCN 2021. The IUCN Red List of Threatened Species. Version 2021-1. <https://www.iucnredlist.org>. Acessado em abril de 2021.

KAREIVA, P.; MARVIER, M. Conserving biodiversity coldspots. **American Scientist**, v. 91, p. 344–351, 2003.

KELLERT, S. R.; WILSON, E. O. **The biophilia hypothesis**. Washington DC: Cambridge Islands Press/Shearwater, 1993.

KRAMER, A. T.; HAVENS, K. Plant conservation genetics in a changing world. **Trends In Plant Science**, v. 14, p. 599–607, 2009.

LOYOLA, R. D.; KUBOTA, U.; LEWINSOHN, T. M. Endemic vertebrates are the most effective surrogates for identifying conservation priorities among Brazilian ecoregions. **Diversity and Distributions**, v. 13, p. 389–396, 2007.

MARCHESE, C. Biodiversity hotspots: A shortcut for a more complicated concept. **Global Ecology and Conservation**, v. 3, p. 297–309, 2015.

MCNEELY, J. A. Protected areas for the 21st century: working to provide benefits to society. **Biodiversity and Conservation**, v. 3, p. 390-405, 1994.

MITTERMEIER, R. A.; TURNER, W. R.; LARSEN, F. W.; BROOKS, T. M.; GASCON, C. Global biodiversity conservation: the critical role of hotspots. In: ZACHOS, F. E.; HABEL, J. C. (Eds.). **Biodiversity Hotspots**. London: Springer Publishers, 2011, p. 3–22.

MMA - Ministério do Meio Ambiente. 2017. Disponível em: www.mma.gov.br/portallbio

MÜLLER, P. **Dispersal centers of terrestrial vertebrates in the Neotropical Realm**. A study in the evolution of the Neotropical biota and its native landscape. Berlin: Springer Netherlands, 1973.

MURPHY, D.D. Desafios à diversidade biológicas em áreas urbanas. In **Biodiversidade** (E.O. Wilson. ed.). Nova Fronteira, Rio de Janeiro, 1997, p.89-97.

MYERS, N. Threatened biotas: ‘hot-spots’ in tropical forests. **The Environmentalist**, v.8, p. 187–208, 1987.

MYERS, N. Biodiversity hotspots revisited. **BioScience**, v. 53, p. 916–917, 2003.

MYERS, N. Florestas Tropicais e suas Espécies: sumindo, sumindo...? In: WILSON, O. E. (ed.). **Biodiversidade**. Rio de Janeiro: Nova Fronteira, 1997, p. 36-45.



MYERS, N. The biodiversity challenge: expanded hot-spots analysis. **Environmentalist**, v. 10, p. 243–256, 1990.

MYERS, N. The biodiversity challenge: expanded hot-spots analysis. **Environmentalist**, v. 10, p. 243-256. 1990.

MYERS, N.; MITTERMEIER, R. A.; MITTERMEIER, C. G.; DA FONSECA, G. A.; KENT, J. Biodiversity hotspots for conservation priorities. **Nature**, v. 403, p. 853–858, 2000.

NAEEM, S.; PRAGER, C.; WEEKS, B.; VARGA, A.; FLYNN, D.F.; GRIFFIN, K.; MUSCARELLA, R.; PALMER, M.; WOOD, S.; SCHUSTER, W. Biodiversity as a multidimensional construct: a review, framework and case study of herbivory's impact on plant biodiversity. **Proceedings of the Royal Society**, v. 14, p. 283(1844):20153005, 2016.

NOROOZI, J.; TALEBI, A.; DOOSTMOHAMMADI, M.; RUMPF, S.B.; LINDER, H.P.; SCHNEEWEISS, G.M. Hotspots within a global biodiversity hotspot - areas of endemism are associated with high mountain ranges. **Scientific Reports**. v. 9, p. 8(1):10345, 2018.

O'DONNELL, J.; GALLAGHER, R. V.; WILSON, P. D.; DOWNEY, P. O.; HUGHES, L.; LEISHMAN, M. R. Invasion hotspots for non-native plants in Australia under current and future climates. **Global Change Biology**, v. 18, p. 617–629, 2012.

PILON, A. C.; VALLI, M.; DAMETTO, A. C.; PINTO, M. E. F.; FREIRE, R. T.; CASTRO-GAMBOA, I.; ANDRICOPULO, A. D.; BOLZANI, V. S. NuBBE_{DB}: an updated database to uncover chemical and biological information from Brazilian biodiversity. **Scientific Reports**, v. 7, p. 1–10, 2017.

PRIMACK, B. R.; RODRIGUES, E. **Biologia da conservação**. Londrina: Editora Planta, 2001.

QUESADA, H.; BEYNON, C. M.; SKIBINSKI, D. O. F. A mitochondrial DNA discontinuity in the mussel *Mytilus galloprovincialis* Lmk: pleistocene vicariance biogeography and secondary intergradation. **Molecular Biology and Evolution**, v. 12, p. 521–524, 1995.

RAY, G. C. Diversidade ecológica em zonas costeiras e oceanos. In: WILSON, O. E. (ed.). **Biodiversidade**. Rio de Janeiro: Nova Fronteira, 1997, p. 46-62.


RICKLEFS, R.E. **A economia da natureza**. 3.ed. Guanabara Koogan, Rio de Janeiro, 1996, p.405-407.

ROCA, A. L.; GEORGIADIS, N.; PECON-SLATTERY, J.; O'BRIEN, S. J. Genetic Evidence for Two Species of Elephant in Africa. *Science*, v. 293, p. 1473–1477, 2001.

ROQUET, C.; THUILLER, W.; LAVERGNE, S. Building megaphylogenies for macroecology: taking up the challenge. **Ecography**, v. 36, p. 13–26, 2013.

ROSCHE, C.; SCHUMACHER, J.; GUBSCH, M.; LIPOWSKY, A.; WEIGELT, A.; BUCHMANN, N.; SCHMID, B.; SCHULZE, E. Using plant functional traits to explain diversity–productivity relationships. **PLoS ONE**, v. 7, e36760, 2012.

RYDER, O. A. Species conservation and systematics: the dilemma of subspecies. **Trends in Ecology & Evolution**, v. 1, p. 9–10, 1986.



SCHIERENBECK KA. Population-level genetic variation and climate change in a biodiversity hotspot. **Annals of Botany** v. 119, p. 215-228, 2017.

SECCHI, E. R.; WANG, J. Y.; MURRAY, B. W.; ROCHA-CAMPOS, C. C.; WHITE, B. N. Population differentiation in the franciscana (*Pontoporia blainvillei*) from two geographic locations in Brazil as determined from mitochondrial DNA control region sequences. **Canadian Journal of Zoology**, v. 76, p. 1622–1627, 1998.

SILVA, J. M. C.; SOUSA, M. C.; CASTELLETTI, C. H. M. Areas of Endemism for passerine birds in the Atlantic Forest, South America. **Global Ecology and Biogeography**, v. 13, p. 85–92, 2004.

SLOAN, S.; JENKINS, C. N.; JOPPA, L. N.; GAVEAU, D. L. A.; LAURANCE, W. F. Remaining natural vegetation in the global biodiversity hotspots. **Biological Conservation**, v. 177, p. 12–24, 2014.

SMITH, T. B.; KARK, S.; SCHNEIDER, C. J.; WAYNE, R. K.; MORITZ, C. Biodiversity hotspots and beyond: the need for preserving environmental transitions. **Trends in Ecology & Evolution**, v. 16, p. 431, 2001.

SOLÉ-CAVA, A. M.; CUNHA, H. Genética e a conservação da Natureza. In: MATIOLI, S. R.; FERNANDES, F. M. C. (Eds.). **Biologia Molecular e Evolução**. São Paulo: Holos, 2012, p. 217–238.

SOLÉ-CAVA, A. M.; LEVY, J. A. Biochemical evidence for a third species of angel shark (*Squatina*) of the East coast of South America. **Biochemical Systematics and Ecology**, v. 15, p. 139–144, 1987.

STORK, N. E.; HABEL, J. C. Can biodiversity hotspots protect more than tropical forest plants and vertebrates? **Journal of Biogeography**, v. 41, p. 421–428, 2014.

VANE-WRIGHT, R. I.; HUMPHRIES, C. J.; WILLIAMS, P. H. What to protect? Systematics and the agony of choice. **Biological Conservation**, v. 55, n. 3, p. 235–254, 1991.

VELLEND, M.; GEBER, M. A. Connections between species diversity and genetic diversity. **Ecology Letters**, v. 8, p. 767–781, 2005.

WILLIAMS, K. J.; FORD, A.; ROSAUER, D. F.; DE SILVA, N.; MITTERMEIER, R.; BRUCE, C.; LARSEN, F. W.; MARGULES, C. Forests of east Australia: the 35th biodiversity hotspot. In: ZACHOS, F. E.; HABEL, J. C. (Eds.). **Biodiversity Hotspots**. London: Springer Publishers, 2011, p. 295–310.

YOUNG, A.; BOYLE, T.; BROWN, T. The population genetic consequences of habitat fragmentation for plants. **Trends in Ecology & Evolution**, v. 11, p. 413–418, 1996.

ZHU, R.B.; WANG, Q.; GUAN, W.B.; MAO, Y.; TIAN, B.; CHENG, J.M.; EL-KASSABY, Y.A. Conservation of genetic diversity hotspots of the high-valued relic yellowhorn (*Xanthoceras sorbifolium*) considering climate change predictions. **Ecology and Evolution**. v. 1, p. 3251-3263, 2019.



CAPÍTULO 25

INTRODUÇÃO À TEORIA E ABORDAGEM SISTÊMICA: CONTEXTUALIZAÇÃO E FUNDAMENTOS PARA A GEOGRAFIA

DOI: 10.47402/ed.ep.c202149525097

Pedro Henrique Torres Marinho, Programa de Pós-Graduação em Geografia, UFAL,
Professor de Geografia em instituição privada
Gilcileide Rodrigues da Silva, Prof.^a Dr.^a da Universidade Federal de Alagoas

RESUMO

A preocupação em discorrer sobre este tema justifica-se pela possibilidade de esgotamento da capacidade da biosfera terrestre em suportar a vida humana e suas ações desenfreadas no planeta, o que acarreta graves prejuízos à ordem ecológica. Destarte, esta pesquisa está objetivada em entender os princípios da abordagem sistêmica e sua aplicabilidade nos âmbitos que compreendem as relações entre sociedade e natureza. Para o êxito desta proposta, de início foi feita a busca teórica metodológica que está apoiada na Abordagem Sistêmica, com o intuito de aplicar um olhar dinâmico a partir da totalidade, partindo do pressuposto de que o mundo não é uma máquina que pode ser concertada com a “troca de uma peça”, mas uma rede viva, uma grande teia em que todas as partes estão em interação, e que o ser humano é integrante deste sistema de relações. Com base nas definições e discussões de alguns autores como Bertalanfy (1975), Capra (1996), entre outros. Após a construção teórica, pôde-se perceber a importância da compreensão sistêmica para a resolução das questões ambientais presentes na atualidade. No decorrer do texto é visto que a desordem ambiental causada pelas ações antrópicas é cada vez mais comum e visível, uma grande insustentabilidade que acarreta graves danos ao meio ambiente, uma proposta que corre em volta do consumismo desenfreado, cujo lucro ultrapassa os valores humanos e ambientais, problemática tratada por Capra (1996) como uma crise de percepção que perpassa pela humanidade. São diversas questões ambientais vistas no dia-a-dia, desmatamento, poluição, queimadas, mudanças climáticas, degradação dos solos, onde se encaixam como alguns dos exemplos, que envolvem problemáticas de ordem global, as quais não podem ser tratadas isoladamente, mas, através de suas interações e implicações, não apenas no meio natural, mas também ambiental, social, econômico e político, ou seja, para entendermos esta situação, se faz necessário observar a complexidade do todo, estudar o resultado das relações que compõem a rede sistêmica. Na ciência geográfica, esta que tem como objeto de estudo o espaço e suas relações e interações, a abordagem sistêmica tem grande importância, pois, como visto, esta facilita no entendimento dos conjuntos complexos, e a partir dela se compreende as redes de interligação e sistemas. Assim, esta abordagem quando aplicada às ações gestoras responsáveis pelos cuidados ambientais, dará ferramentas para a compreensão das inúmeras situações que cercam a sociedade e a organização ecológica.

PALAVRAS-CHAVE: Abordagem Sistêmica. Meio Ambiente. Geografia.




INTRODUÇÃO

Vive-se em um momento histórico, que passa por uma constante evolução do conhecimento humano e técnico, e para compreender as transformações proporcionadas no espaço, se faz necessário emergir um pensamento a partir de uma visão sistêmica de mundo, compreendo a complexidade da totalidade, sem dissipá-la. Nesta perspectiva, esta pesquisa tem o objetivo de introduzir o pensamento sistêmico e suas contribuições para o entendimento das relações existentes entre sociedade e natureza e a alteração da ordem ecológica.

Os trabalhos sobre a Teoria Geral dos Sistemas, elaborados por Ludwig Von Bertalanffy e publicados nas décadas de 1940 e 1950, são reconhecidos como pioneiros no que se diz respeito ao aporte teórico do pensamento sistêmico, tendo aplicado conceitos alternativos em diversos campos do conhecimento, que surgiam na época, indo contra ao pensamento mecanicista e analítico proposto por Descartes.

Para a conclusão deste trabalho, se percorreu um caminho construtivo, onde no início foi feita uma busca teórica acerca do histórico da teoria sistêmica, em seguida, foi feita uma discussão com base em definições e conceitos sobre este pensamento que abriu portas para o entendimento ecológico. Desta forma, o embasamento teórico-metodológico foi apoiado em autores como Capra (1996), Bertalanffy (1975), Christofolletti (1979), Santos (1992), Morin (2000), entre outros. As transformações antrópicas são vistas diariamente, e isto e têm levantado muitas questões, à cerca das mudanças significativas que o planeta vem sofrendo, onde já se cria uma concepção de nova realidade ambiental. Então, estes pesquisadores citados e outros abordados no decorrer da pesquisa, remetem seus estudos ao entendimento dos sistemas complexos e altamente integrativos, sistemas vivos (organismos, sistemas sociais e ecossistemas), que estão em uma rede de interações, trocando informações através dos fluxos. Parte do pressuposto de que o ambiente não pode estar em um perfeito equilíbrio, pois não é uma máquina com perfeitas engrenagens, mas a partir do desequilíbrio, próprio do sistema ambiental, este tem a capacidade de se auto-organizar. Todavia, as ações antrópicas estão cada vez mais impetuosas, truculentas e irresponsáveis, e o ambiente ficando vulnerável a estas ações, perdendo sua capacidade de auto-organização.

A partir desta nova realidade em que se vive, discussões e propostas são geradas com o intuito de despertar na sociedade um olhar voltado para o meio ambiente e as gerações futuras, para que também tenham o direito de usufruir deste meio que atualmente é tão devastado e



desvalorizado. São diversos os exemplos de alteração da ordem global, e estes não podem ser tratados isoladamente, mas devem ser entendidos a partir da totalidade, observando as relações com as áreas que normatizam a sociedade: econômica, social, política, cultural e ambiental. Existe uma grande dificuldade em conceber verdadeiramente uma proposta de sustentabilidade ambiental, são muitos os fatores que impedem o desenvolvimento desta proposta. Uma sociedade sustentável, de acordo com Viederman (1992) é “aquela que assegure a saúde e a vitalidade da vida e cultura humana e do capital natural, para o presente e futuras gerações”. Sendo assim, não há como desenvolver esta ideia sem resolver antecipadamente as problemáticas atuais, não afetando os direitos das futuras gerações. E isto deve ser feito de forma não-linear, observando as correlações entre tempo e espaço, e esta situação não permite um estudo isolado das partes. Por isso, que a abordagem sistêmica é importante para se entender a problemática ambiental da atual geração.

Na ciência geográfica, esta que tem como objeto de estudo o espaço e suas relações e interações, a abordagem sistêmica tem grande importância, pois, como visto, esta facilita no entendimento dos conjuntos complexos, e a partir dela se compreende as redes de interligação, os sistemas. Esta abordagem abriu portas para a Geografia como ciência, dando exatidão nas pesquisas e fortalecendo seu entendimento da realidade e do espaço vivido. Para se compreender os acontecimentos e fenômenos que sucedem no espaço, se faz necessário observar componentes conceituais da análise geográfico como paisagem, território, lugar e região nas relações sociedade e natureza.

Logo, a aplicação da abordagem sistêmica na compreensão dos problemas inerentes ao ambiente é de extrema importância, e deve ser considerada pelas gestões responsáveis pela elaboração de programas de preservação ambiental. As secretarias governamentais não podem ser descentralizadas, mas integradas. É a partir da evolução do conhecimento e dos estudos desta nova realidade ambiental, que se cria a “percepção da realidade por meio de uma visão sistêmica e o desenvolvimento de aplicações metodológicas a partir do novo paradigma da complexidade têm propiciado avanços em diversos campos da ciência”. (GRIPP, 2004, p.7).

1. ABORDAGEM SISTÊMICA: TEORIA, CONCEITOS E GEOGRAFIA

Diariamente vemos que de forma rápida e agressiva a sociedade vem interferindo de forma exorbitante na dinâmica natural do planeta, e como consequência, causa a alteração da ecologia dos sistemas, a qual o ser humano também é integrante, partimos do pressuposto de



que todos estão interligados e inter-relacionados em uma teia, e todos tem uma determinada função, onde cada ação reflete em um efeito, seja ele positivo ou negativo.

Para a compreensão desta proposta nos apoiaremos em alguns autores que possuem teorias explicativas desta forma de ver o mundo. As mudanças são visíveis aos olhos e têm levantando muitas questões, as quais fortalecem a ideia de o planeta vem sofrendo constantes mudanças, e muitos pesquisadores se apoiam na ideia de que estamos na vigência de uma nova realidade ambiental, e aqui podemos destacar Fritjof Capra (1996), e demais cientistas da atualidade que serão citados no corpo deste texto, os quais possuem grandes obras com embasamento sistêmico, onde se pode observar que as ações antrópicas apresentam-se cada vez mais influentes no ambiente.


No período da Idade Média, a ciência passou por um período de grande estagnação, pois ela estava forçadamente pautada nos paradigmas estabelecidos pela Igreja. A fé cristã era a principal base de explicações para os fenômenos da natureza, esta era uma forma de dominação, a qual buscava explicações que facilitassem uma harmonização entre o Homem e o ambiente. Nos feudos encontravam-se pequenas ocupações, que eram autossuficientes produtivamente, pois através de ações locais junto ao meio em que se vivia, utilizavam só o necessário para a vida em comunidade, visto que naquele período pouco se falava em mercado, trocas etc. Existiam dois aspectos fundamentais que este modelo de vivência o qual a ciência também estava atrelada, o primeiro é o que Capra denomina de visão orgânica da natureza e que Santos (1997) denominou de meio natural:

As pessoas viviam em comunidades pequenas e coesas, e vivenciavam a natureza em termos de relações orgânicas, caracterizadas pela interdependência dos fenômenos espirituais e materiais e pela subordinação das necessidades individuais às da comunidade (CAPRA, 1982, p. 49)

O segundo estava baseado na ótica da apreensão e compreensão do ambiente, que foi dado por uma ordem divina de criação. Por longos anos esta forma de pensar perdurou. É a predominância dos fenômenos da natureza sob as atividades da sociedade, um mundo natural.

Em meados dos séculos XVI e XVII, em contraponto a estas noções divinais, surge a revolução científica, associada principalmente aos nomes de Galileu, Descartes e Newton, provocando grandes mudanças na visão de mundo medieval, até então baseada na teologia cristã, neste período de transição, de acordo com Capra:

A noção de um universo orgânico, vivo e espiritual foi substituída pela noção do mundo como uma máquina, e a máquina do mundo tornou-se a metáfora dominante da era moderna. (CAPRA, 1996, p34)



Então, esta noção de organismo vivo foi sendo substituída pelos princípios das exatas e da lógica. Galileu foi um dos primeiros a desenvolver as observações pautadas em cálculos matemáticos, e elabora a lei da Queda dos Corpos pautado experimentação, sendo uma característica fundamental deste método a busca de explicar os fenômenos naturais. Segundo CAPRA (1996, p.34), “Galileu Galilei expulsou a qualidade da ciência, restringindo esta última ao estudo dos fenômenos que podiam ser medidos e quantificados”.

A noção de quantificação dos fenômenos estava cada vez mais explícita, e foi nesta proposta em que Descartes se apoiou para desenvolver o método do pensamento analítico, que tinha como base a quebra dos fenômenos complexos em partes isoladas com o intuito de compreender o comportamento do todo, também pode ser denominado de método reducionista ou cartesiano. Em seu método, Descartes reconheceu que matéria e mente como duas substâncias diferentes e autossuficientes, sem nenhuma chance de sofrerem interrelações. Existem quatro regras básicas do pensamento de Descartes:

A primeira consiste em nunca aceitar coisa alguma salvo ideias claras e distintas. Em segundo lugar, devemos dividir cada problema em tantas partes quantas sejam necessárias para resolvê-lo. Em terceiro, os pensamentos devem seguir uma ordem, do simples para o complexo, e onde não exista ordem devemos estabelecer uma. A quarta regra afirma que devemos sempre verificar tudo cuidadosamente para nos assegurar de que nada foi negligenciado. (RUSSELL, 2001 p. 279)

A visão de mundo como máquina perfeita regida por leis matemáticas exatas e quantificadas, foi incrementada de forma grandiosa por Isaac Newton, cuja grande síntese, a mecânica newtoniana, foi o feito que consagrou a ciência do século XVII. Com as contribuições de Newton toda o aparato físico-matemática foi colocado para o entendimento desta visão mecanicista, tudo para que se pensasse no funcionamento do Universo como um grande maquinário, onde não existiam relações entre as partes, mas estudos isolados e com perfeita exatidão, ou seja, como um todo regido por padrões lineares de ações e reações que se comportavam de forma repetitiva, daí o padrão matemático do pensamento de Descartes.

Vemos que de formas distintas, e em diferentes momentos históricos da evolução do pensamento científico, vários pensadores trabalharam para defender a ideia mecanicista e reducionista, baseados nos parâmetros físico-matemáticos, não podemos negar que muitas descobertas e foram vistas, porém, muitas eram as indagações de fenômenos que aconteciam no mundo que este método não conseguia responder e eram deixados de lado.

No início do século XX, novos campos do conhecimento são alavancados, a partir das próprias descobertas da ciência, especialmente da física moderna, novos caminhos são abertos para a investigação científica e a necessidade de novas formas de compreensão de mundo



emergem com novos modelos conceituais sendo elaborados e colocados em prática. De acordo com Bertalanffy (1975), parece haver necessidade de uma extensão da ciência para tratar daqueles aspectos que são deixados fora da física e se referem às características específicas dos fenômenos biológicos, sociais e comportamentais. Ou seja, era necessário se entender e observar as relações entre as partes que compõem o todo. Bertalanffy (1975, p.130), afirma que “O aparecimento de modelos – conceituais e em alguns casos mesmo materiais – representando esses aspectos de interação entre muitas variáveis, implica a introdução de novas categorias no pensamento e na pesquisa científica.”

Na primeira metade do século XX surge a primeira noção de sistemas, no âmbito de uma teoria, com os trabalhos de Köhler, sobre a aplicação dos princípios da Física, Lotka, desenvolvendo a Estatística, e Von Bertalanffy, que propôs uma interdisciplinaridade na aplicação da Teoria Geral dos Sistemas em especial com a Biologia (BERTALANFFY apud KRÜGER, 2012).

A Teoria Sistêmica vem com seus pressupostos contrários ao método científico estabelecido por René Descartes, o qual era analítico, lógico, racional e reducionista. Até a metade do século XX era assim que se fazia ciência. A grande revolução proposta pela Teoria Geral dos Sistemas foi a oposição à forma analítica e mecanicista de se compreender o mundo e suas mudanças, pois, o universo não é uma máquina composto por peças com perfeita exatidão, mas algo vivo, que é formado por sistemas, os quais dependem das relações daqueles que o compõem. A teoria continuou valorizando o que já tinha sido preestabelecido, o valor da ciência, a qual era embasada na lógica e na razão, foram acrescentados também, conceitos como organização, auto-conservação, direção, etc., presentes especialmente nos campos biológico, sociológico e do comportamento, os quais não eram valorizados na ciência clássica. Nas palavras de Bertalanffy (1975):

O progresso só é possível passando de um estado de totalidade indiferenciada à diferenciação das partes. (...) Quanto mais as partes se especializam, em certa maneira, tanto mais se tornam insubstituíveis e a perda de partes pode conduzir ao desmoronamento do sistema total. (...) Usando uma linguagem aristotélica, toda evolução, ao desdobrar alguma potencialidade, mata em botão muitas outras possibilidades (BERTALANFFY, 1975, p.99,101 e 102)

Bertalanffy demonstrou em sua teoria, que os sistemas vivos devem ser vistos como um sistema aberto, ou seja, com continua troca de informações e exportação. Então ele apresenta as primeiras características entre os sistemas fechados e abertos, com base na Teoria dos Sistemas:



Sistemas Abertos: o organismo vivo seria um exemplo de sistema aberto, o qual realiza constante troca de energia com seu meio ambiente (se inter-relaciona), além de troca de informação e matéria a fim de evitar sua decadência; pode alcançar um estado constante de equilíbrio no tempo, desde que sob certas condições, mas o processo continua, e o sistema nunca chegará a um descanso; terá a propriedade de equifinalidade, ou seja, quando ocorrer um estado constante e independente de tempo, esse estado será independente das condições ditas iniciais e dependerá apenas das condições desse sistema. Como exemplo o autor cita os ritmos de transporte e as reações. Sistemas Fechados: de acordo com o 2º princípio da termodinâmica, “eventualmente” para alcançar um estado de equilíbrio, no qual este sistema deverá permanecer constante no tempo e os processos param, ou seja, tal sistema não apresenta as características do aberto, não se relaciona com seu meio ambiente, logo chegará a sua própria destruição; neste sistema é impossível a equifinalidade; também se desenvolve na direção de estados ditos de máxima entropia (BERTALANFFY, 1976, p.55).

A Termodinâmica clássica tinha suas bases voltadas à busca de um equilíbrio, através da física. Segundo a termodinâmica do equilíbrio, podemos dizer que o estado atrativo constitui uma noção estatística que corresponde ao estado de probabilidade máxima de um dado sistema.

Porém, apenas essas estruturas de equilíbrio não bastam para interpretar os diversos fenômenos estruturais que encontramos na natureza, especialmente de sistemas abertos que sempre estão em movimento, em troca de fluxos, por conta das interações do sistema vivo. Logo esta porposta de equilíbrio, estaticidade, não responde muitas questões.

Quer examinemos uma célula ou uma cidade, a mesma constatação se impõe: não somente esses sistemas são abertos, como vivem de sua abertura, alimentam-se do fluxo de matéria e de energia que lhes vêm do exterior (...) que as constituem como (estrutura) ativa e organizada. (PRIGOGINE *et* STENGERS, 1997, p.101)

Os sistemas vivos são estruturas que se organizam e também são mantidas fora do equilíbrio, consequência de uma organização termodinamicamente improvável, resultado de uma interação dinâmica de processos que geram a vida como propriedade emergente.

Bertalanffy (1975, p.194) enfatiza o processo de interação dizendo que: “A base do modelo do sistema aberto é a interação dinâmica de seus componentes” e “a teoria termodinâmica dos sistemas abertos é a chamada termodinâmica irreversível.” De Rosnay, J. (1975) *apud* Branco (1989, p.92), exemplifica, por analogia, que energia e entropia estão também presentes nos sistemas econômicos: “O fluxo irreversível que atravessa o sistema econômico (...) circula na forma de bens, de serviços e de trabalho, e sai na forma de calor irrecuperável e de resíduos não reciclados; em outras palavras, em forma de entropia”.

Em resumo, Prigogine (1996, p.30), afirma: “A vida só é possível num universo longe do equilíbrio”, pois não é estático, não é uma máquina, mas um sistema vivo e dinâmico. E Capra (1996) traz uma explicação, que chega à mesma conclusão:



Um organismo vivo é caracterizado por um fluxo e uma mudança contínuos no seu metabolismo, envolvendo milhares de reações químicas. O equilíbrio químico e térmico ocorre quando todos esses processos param. Em outras palavras, um organismo em equilíbrio é um organismo morto. Organismos vivos se mantêm continuamente num estado afastado do equilíbrio, que é o estado da vida. Embora muito diferente do equilíbrio, esse estado é, não obstante, estável ao longo de extensos períodos, e isso significa que a mesma estrutura é mantida a despeito do fluxo em andamento e da mudança dos componentes (CAPRA, 1996, p.149).

Com base na Teoria Sistêmica a abordagem da conjuntura de totalidade ganha noção de ambiente complexo, onde existe uma ordem hierárquica, em que as partes se interligam e definem o todo. Há uma grande dinâmica nas interações, causando uma modificação nas relações e criando novos padrões de organização no sistema.

De acordo com Boeira (2002) o ambiente natural é constituído por ecossistemas habitados com inúmeros organismos que em interação, evoluíram durante bilhões de anos, usando e reciclando continuamente as mesmas moléculas de solo, água e ar. Para se entender as situações que cercam o planeta, os fenômenos naturais e sociais, é necessário estudar as inter-relações das partes, para que se entenda a complexidade do todo.


Os sistemas que se organizam mediante diferenciação progressiva evoluem de estados de baixa complexidade para sistemas de complexidade superior, que é a forma mais óbvia de auto-organização. Tal situação é visível na maioria das organizações sociais. Por isso, a Teoria sistêmica tem bases para compreender os fenômenos físicos e sociais.

Prigogine e Stengers (1997) verificaram que a emergência da auto-organização ocorre no campo da termodinâmica não-linear:

A termodinâmica dos processos irreversíveis descobriu que os fluxos que atravessam certos sistemas físico-químicos e os afastam do equilíbrio podem nutrir fenômeno de auto-organização espontânea, rupturas de simetria, evoluções no sentido de uma complexidade e diversidade crescentes. (PRIGOGINE; STENGERS, 1997, p.207)

A organização desses ecossistemas é fantástica, podemos até considerá-la superior aos das tecnologias da sociedade baseadas em invenções recentes. Para Capra (1996), o meio natural não é só vivo, mas também inteligente: A inteligência dos ecossistemas, em contraste com tantas instituições humanas, manifesta-se na tendência predominante para estabelecer relações de cooperação que facilitam a integração harmoniosa de componentes sistêmicos em todos os níveis de organização, seja ele social, político, econômico, físico, natural ou artificial. Todos em uma organização, que deve ser harmônica, para que o todo esteja em bom estado de vivência. A Teoria Sistêmica abre portas para a execução desta proposta:

As palavras-chave da teoria de Bertalanffy são: complexidade e organização, podendo-se dizer que a teoria dos sistemas corresponde, na verdade, a uma teoria da organização, cujos princípios gerais são aplicáveis a quaisquer sistemas,



independentemente da natureza dos elementos que os constituem ou das relações entre os mesmos (BRANCO, 1989, p. 60).

Durand (1979), *apud* Branco (1989, p.65) compartilham deste mesmo pensamento com relação aos conceitos fundamentais da teoria dos sistemas a interação e a totalidade, juntamente com a organização e a complexidade.

De acordo com Capra (1996), Kant foi o pioneiro na utilização do termo “auto-organização”, com o intuito de definir a natureza dos organismos vivos, utilizando-o de uma maneira notavelmente semelhante a algumas concepções contemporâneas. Segundo Kant, as partes num organismo não existem apenas para completar ou dar sentido a outras, como numa máquina, as partes também existem por meio de outra. Assim, o organismo será tanto um ser organizado como auto-organizador.

Entende-se que o princípio da auto-organização, a emergência espontânea de ordem resulta dos efeitos combinados do não-equilíbrio, da irreversibilidade, dos laços de realimentação e da instabilidade do sistema.


Morin (2000) define a auto-organização como um conceito que possibilita um passo a passo de um caminho para se entender a própria vida:

A partir do século XIX, a noção de calor introduz a desordem e a dispersão no âmbito da física, e a estatística permite associar o acaso (no nível dos indivíduos) e a necessidade (no nível das populações). Hoje, em todas as frentes, as ciências trabalham com a aleatoriedade, sobretudo para compreender tudo aquilo que é evolutivo, e consideram um universo em que se combinam o acaso e a necessidade. O princípio de explicação da ciência clássica não concebia a organização enquanto tal. Reconheciam-se organizações (sistema solar, organismos vivos), mas não o problema da organização. Hoje, o estruturalismo, a cibernética, a teoria dos sistemas operam, cada um à sua maneira, avanços para uma teoria da organização, e esta começa a permitir-nos entrever, mais além, a teoria da auto-organização, necessária para conceber os seres vivos (MORIN, 2000, p.28).

É necessário aplicar o conceito da auto-organização para que novas metodologias de pesquisa se desenvolvam, abrindo novos campos da ciência, buscando o entendimento da natureza e suas relações com desenvolvimento tecnológico que é um desafio do presente. Desta forma, expressam-se Nicolis *et al.* *apud* Prigogine (1996):

A manutenção da organização na natureza não é – e não pode ser – realizada por uma gestão centralizada, a ordem só pode ser mantida por uma auto-organização (...) Uma tecnologia inteiramente nova deverá ser desenvolvida para explorar os grandes potenciais de idéias e de regras dos sistemas auto-organizadores em matéria de processos tecnológicos. (NICOLIS *et al.* 1995, *apud* PRIGOGINE 1996, p.75)

Partindo ainda do pressuposto da auto-organização dos sistemas, Maturama (1999) nos trás o conceito de autopoiese, que é a forma de existir de um sistema vivo e sua maneira de ser uma entidade autônoma. Logo, os sistemas vivos vivem enquanto puderem conservar sua



organização, e todas as suas trocas estruturais ocorrem com a conservação de sua adaptação ao meio no qual eles existem. Em outras palavras, os sistemas vivos se auto-regulam, se auto-estabilizam, produzem a matéria prima que necessitam para existirem. Para Capra (1996), a autopoiese, proposta de Maturana é o que ele intitula de padrão da vida.

Com o decorrer dos anos, esta conceituação foi difundida em outras áreas de conhecimento, e logo foi introduzida nas ciências sociais. Na década de 1980, Luhmann utiliza os princípios autopoieticos em um método de observação social, com suas bases voltadas para o método sistêmico. O ponto primordial na teoria de Luhmann (1997) está baseado na identificação dos processos sociais da rede autopoietica como processos de comunicação da informação, dentro de um sistema aberto e dinâmico. Segundo ele, os sistemas sociais usam a comunicação como seu modo particular de reprodução autopoietica.


A comunicação é o transporte de informação, é importante, no estudo da autopoiese social, considerar o que nos coloca. Branco explica que:

A informação é o que transforma uma situação caótica em uma estrutura organizada, agindo contrariamente à entropia. Em outras palavras, a informação acumulada é neguentropia, ou seja, o inverso da entropia. Ela representa, finalmente, aquele algo mais existente no todo. A destruição do todo através da sua fragmentação por um processo analítico, leva, pois, a uma perda de informação, representada pela geração de entropia. Isso ocorre quer na dissociação dos elementos que constituem um ecossistema (rompendo as suas conexões estruturais e ou funcionais) quer na simples inutilização de um objeto ou utensílio considerado como ‘descartável’ (BRANCO, 1989, p.52)

Chamasse de Sistema complexo um conjunto de partes ligadas por suas interrelações. Logo, para identificar um sistema deve-se não somente conhecer as partes, mas também sua dinâmica de relações. Esta ação gera um grande fluxo de informações, com grandes consequências. Estas partes, que são conectadas por uma rede de relações, geram em conjunto uma Unidade Coletiva chamada Sistema, podendo ser reconhecido em diversas instâncias: célula, ecossistema, cidade, computadores, moléculas, corpo humano, meio ambiente e etc... A complexidade vem ganhando espaço na discussão dos sistemas, tanto os naturais, quando os sociais.

As conexões e interações estruturais e funcionais de sistemas sociais são aleatórias, caóticas, irreversíveis, retroalimentadas e incertas. Sob o paradigma da complexidade,

(...) há que pensar de maneira dialógica e por macroconceitos, ligando de maneira complementar noções eventualmente antagônicas.(...) Precisamos conceber nosso universo a partir de uma dialógica entre ordem, desordem, interação, organização, cada um deles chamando o outro, cada um precisando do outro para se constituir, cada um inseparável do outro, cada um complementar do outro, sendo antagônico ao outro. (MORIN, 2000, p.204 e 334).



Nesta nova visão de mundo e de realidade que nos cercam, em que as relações dos organismos vivos com seu meio ambiente são de grande valia, devemos observar através de um novo paradigma, o qual o austríaco Fritjof Capra, tem dado uma nova compreensão científica e filosófica própria para os sistemas vivos, além de sistemas sociais. Capra (1995) denomina seus estudos como uma “concepção sistêmica da vida” com base nas relações e integrações. Para ele, uma visão de realidade nasce da interrelação e interdependência essenciais de todos os fenômenos, ou seja, os físicos, psicológicos, sociais e culturais e ambientais. Capra (1995) explica a concepção sistêmica em sua obra Ponto de Mutação, em destaque esse trecho:


Os sistemas são totalidades integradas, cujas propriedades não podem ser reduzidas às de unidades menores. Em vez de se concentrar nos elementos ou substâncias básicas, a abordagem sistêmica enfatiza princípios básicos de organização. Os exemplos de sistemas são abundantes na natureza. Todo e qualquer organismo desde a menor bactéria até os seres humanos, passando pela imensa variedade de plantas e animais é uma totalidade integrada e, portanto, um sistema vivo... O que se preserva numa região selvagem não são as árvores ou organismos individuais, mas a teia complexa de relação entre eles (CAPRA, 1995, p.260).

Então, compreende-se que nesta nova visão sistêmica da vida, a natureza não é fechada, formando assim um sistema cujas partes não devem se isolar, tratando-se de um perfeito sistema aberto. Em consonância com esta ideia, Filho e D’ottaviano destacam:

Que em geral um sistema não é completamente isolado do seu meio ambiente, pois tudo o que entra ou sai do sistema vem do, passa por ou sai para o meio ambiente, sendo a fronteira o lugar onde se dá essa passagem de importação e de exportação. Contudo pode-se admitir a existência de sistemas que não interagem de qualquer modo com o meio-ambiente; nesse caso esses sistemas são caracterizados como fechados e isolados. Pode-se admitir também a existência de sistemas com elementos particular e totalmente sensíveis às contingências ambientais; nesse caso esses sistemas são caracterizados como abertos. (FILHO; D’OTTAVIANO, 2000, p.296)

Os autores convergem na perspectiva de ambiente, enquanto um sistema que nunca será isolado de seu meio, pois é local de passagem de importação e exportação e conseqüentemente deve ser um sistema aberto, em é necessário que aconteça uma harmonia entre os seus membros. Mas, esta ação harmônica, somente será possível, se o homem encontrar meios de estar em equilíbrio com o ecossistema, o qual ele é parte. A natureza é viva, e capaz de se auto-organizar, de se regular, fugindo do caráter estático e mecânico proposto pelas leis físico-matemáticas, a natureza evolui com suas próprias leis, basta que a sociedade coopere com uma evolução sadia.

A visão sistêmica estabelecida por Capra nos mostra que o Universo é como uma “teia” que tem como princípio as inter-relações de seus elementos, interconectados, mas, se este sistema, perder a interação com seu meio, será seu fim, por isso que surge a ideia de perfeita harmonia. A sociedade precisa compreender que o Ambiente não é submisso às suas vontades, mas todos estão na mesma teia, e se acontecer esta desregulação proposital, todos são afetados.



Para o pensamento do cacique Seattle em carta ao Presidente dos Estados Unidos, Franklin Pierce: “De uma coisa sabemos, a terra não pertence ao homem, é o homem que pertence à terra, disso temos certeza”. (SEATTLE, 1855, p.01)

1.1 ABORDAGEM SISTÊMICA E A GEOGRAFIA

Na Geografia a abordagem sistêmica tem grande importância, pois, como visto, esta facilita no entendimento dos conjuntos complexos, assim como os da organização espacial. Visto que o objeto de estudo desta ciência é o Espaço geográfico, no qual, segundo Santos (2002) denomina como “um conjunto indissociável, solidário e contraditório, de sistemas de objetos e sistemas de ações, não consideradas isoladamente, mas como o quadro único no qual a história se dá”. A proposta de aplicar as perspectivas sistêmicas nas questões geográficas foi de grande valia para o desenvolvimento e dinamização da denominada Nova Geografia.


Para se compreender os acontecimentos e fenômenos que acontecem no espaço, se faz necessário observar todas as partes da teia, com base nas relações entre sociedade e natureza. Assim, Santos deixa explícito que:

O espaço, objeto essencial dos estudos geográficos, sendo considerado como um sistema, todo espaço, independente de sua dimensão, seria assim susceptível de uma análise correspondente. Haveria assim, entre os diferentes e os sistemas correlatos, uma espécie de hierarquia; e isto contribuiria para explicar as localizações e polarizações. (SANTOS, 2002, p. 78).

Quando se aplica a abordagem sistêmica aos estudos relacionados ao espaço geográfico todos os aspectos são observados, como uma totalidade organizada em paisagens, territórios, regiões e lugares. A área física possui uma tradição e se desenvolveram pesquisas nesta área, mas também se faz necessária a compreensão do conhecimento dos processos tecnológicos, econômicos, sociais e ambientais, ou seja, a relação entre as ações da sociedade e as reações que estas causam no meio, dentro de um ecossistema.

Na década de 1930 a ideia de ecossistema ganha destaque nos estudos da abordagem sistêmica, com relação às perspectivas ambientais. Segundo Fuini (2011, p.46), “nos estudos dos ecossistemas destaca-se, sobretudo, o exame das relações e processos que têm relação com os organismos, considerando as relações ecológicas, as peculiaridades estruturais da biocenose, os elementos abióticos das relações com os organismos e os elementos biocêntricos.”

O conceito de ecossistema apresenta um avanço ao propor uma unidade de estudo com elementos em interação e transformação, num todo complexo e hierarquizado. Conceitos vitais para a posterior compreensão sistêmica na Geografia, porém o fato biológico ainda prevalecia sobre o fato geográfico, pois não considerava a intervenção humana como parte da estrutura biocênótica, o que limita o próprio conceito de



ecologia e sua proposta de compreensão do meio ambiente, onde o foco principal é o meio natural. (VICENTE; PEREZ FILHO, 2003, p. 333).

A aplicação da teoria dos sistemas abriu portas para os estudos em diversas áreas na Geografia, dando maior exatidão nas pesquisas e fortalecimento para esta ciência, propiciando a criticidade em diversos conceitos ligados às geociências ou às ciências humanas.

Bertrand (1968), na sua Geografia Física Global, conceitua geossistema como um tipo de sistema aberto, hierarquicamente organizado, formado pela combinação dinâmica e dialética de um potencial ecológico (geomorfologia, clima, hidrologia), de uma condição de exploração biológica natural (vegetação, solo, fauna) e das atividades ditas antrópicas. Partindo dessa abordagem, o autor propôs a adoção de escalas espaciais diferentes – em ordem decrescente são elas a zona, o domínio, a região, o geossistema, o geofácies e o geotopo, estes dois últimos classificados a partir de critérios biogeográficos e antrópicos. (SALES, 2004, p. 130).

No âmbito da geociência, a perspectiva sistêmica trouxe grandes contribuições para a construção de seus paradigmas:

Na Geomorfologia, por exemplo, o ponto de partida é atribuído a Strahler (1950, p. 676), quando escreveu que um sistema de drenagem ajustado talvez seja melhor descrito como um sistema aberto em estado constante, que difere de um sistema fechado em equilíbrio, pois o sistema aberto possui importação e exportação de componentes. Neste contexto, e como ponto inicial, destaca também a teoria dos Ciclos de Erosão de Davis destacando os aspectos morfogenéticos do relevo. Ao expor as bases da teoria do equilíbrio dinâmico em geomorfologia, J. T. Hack (1960) também utilizou a idéia de sistemas abertos, mas Chorley (1962) procurou sistematizar e esclarecer a necessidade da abordagem sistêmica aos problemas geomorfológicos, destacando as preocupações com a dinâmica e o equilíbrio nos sistemas. Contribuições sucessivas vêm sendo realizadas no estudo dos sistemas ecológicos, mostrando a aplicabilidade da noção de ecossistema. Conceitos sistêmicos têm sido também aplicados à análise morfométrica e topológica de redes fluviais, e as bacias hidrográficas começaram a ser focalizadas como unidades geomorfológicas fundamentais, tendo em vista o funcionamento integrado de seus elementos. (CHRISTOFOLETTI, 1979, p. 12)

Neste período atual, o espaço adquire as noções de técnica e tempo, viabilizando a construção de um sistema de pensamento que busca entender este espaço geográfico como uma totalidade sistêmica.

A utilização de ferramentas e aportes técnicos sempre foram muito importantes para a Geografia, dado o seu caráter de apreensão e compreensão da organização espacial de diferentes elementos, passando por instrumentos de mapeamento e representação do ambiente, através de: mapas; cartas; fotografias aéreas, imagens de satélite, programas de computador, e outros. Mais recentemente destaca-se a disseminação do uso dos SIGs (Sistema de Informações Geográficas) como sistemas automatizados usados para armazenar, analisar e manipular dados geográficos, ou seja, dados que representam objetos e fenômenos em que a localização geográfica é uma característica inerente a informação. (VICENTE; PEREZ FILHO, 2003, p.340).

As técnicas estão cada vez mais evoluídas, a ciência e a tecnologia se unem para responderem questões da sociedade, porém, nem todos possuem as mesmas oportunidades de uso, um problema causado pela grande desigualdade social existente no globo. Há alguns anos, o mundo passa por mudanças exorbitantes, causadas pelo processo de globalização.



Parte-se do princípio que o período associado ao processo de globalização envolve uma universalidade de eventos e convergência dos momentos através da expansão material e cognitiva do chamado “meio técnico-científico-informacional”. Integram-se os lugares de forma desigual, mas combinada e interdependente, no processo de totalização e homogeneização dos espaços globalizados. (FUINI, 2011, p.47)


A questão da observação da totalidade foi de grande importância para Santos (1993), na análise geográfica da complexidade de fatores considerados no estudo do contexto espacial, olhando a totalidade como um conceito abrangente, por isso importa fragmentá-la em suas partes constituintes, mas sempre considerando a inter-relação entre estas.

Todas as partes de uma totalidade devem ser definidas através do exame de um processo específico em um dado contexto espacial. Forma é o aspecto visível de uma coisa, ao arranjo ordenado de objetos, a um padrão. Tomada isoladamente, trata-se da mera descrição de fenômenos ou de um de seus aspectos num dado instante do tempo. Função sugere uma tarefa ou atividade esperada de uma forma, pessoa, instituição ou coisa. Estrutura implica a inter-relação de todas as partes de um todo; o modo de organização ou construção. Processo pode ser definido como uma ação contínua, desenvolvendo-se em direção a um resultado, associando os conceitos de tempo (continuidade) e mudança. A forma pode ser imperfeitamente definida como uma estrutura técnica ou objeto responsável pela execução de determinada função. As formas são governadas pelo presente, tendo por anteparo o passado, surgindo dotadas de certos contornos e finalidades-funções. Deste modo, a função é a atividade elementar de que a forma se reveste, sendo as formas resultantes de processos passados ocorridos na estrutura subjacente. Ao se refletir sobre os diferentes tipos de estruturas, aí estão as diferentes formas reveladas (naturais e artificiais) que ficam, por sua vez, sujeitas à constante evolução. (SANTOS, 1992, p.95).

Conforme Santos (2002), o estudo dos sistemas, há pelo menos vinte anos, tem sido utilizada pelas ciências humanas, e a Geografia foi uma das últimas ciências a se utilizar deste aporte metodológico. De acordo com Fuini (2011), no contexto de Geografia humana e econômica, as contribuições iniciais sobre a utilização da análise sistêmica são difusas, destacando os trabalhos de Berry (1964) sobre as “cidades como sistemas dentro de sistemas de cidades”, de Haggett (1965), sobre a análise locacional em Geografia, e de Harvey (1969) e Hurst (1968).

As cidades e suas interfaces são incluídas em estudos baseados em termos sistêmicos. Um sistema se define por um nódulo, com as relações entre a periferia e o centro, e as características impostas à periferia. É através desta observação e estudo da rede, a qual pode ser considerada como uma teia interligada, e somente a partir deste esquema teórico que é possível apreender sistematicamente as articulações do espaço e reconhecer sua própria natureza.

Cada sistema espacial e as localizações correspondentes aparecem, então, como um resultado de um jogo de relações; a análise será tanto mais rigorosa quanto sejamos capazes de escapar às confrontações entre variáveis simples que na maioria das vezes levam às análises causais ou as relações de causa e efeito que isolam artificialmente certas variáveis e impedem de abranger a totalidade das interações. Sempre um



sistema substitui um outro porque o sistema espacial é sempre a consequência da projeção de um ou vários sistemas históricos. (SANTOS, 2002, p. 79-80).

Dentro da atual conjuntura do processo de globalização em que se vive, torna-se cada vez mais necessário o uso de métodos sistêmicos para abordagem das questões trabalhadas pela Geografia e entendimento do espaço. E vale ressaltar que a Geografia adota um caráter interdisciplinar frente às novas posturas e processos da sociedade, aplicando a abordagem sistêmica como uma ferramenta facilitadora do movimento de integração e inter-relação, e não de homogeneização, das observações e estudos sobre o espaço geográfico visto enquanto totalidade sistêmica integradora dos objetos físicos e técnicos e as ações econômicas, sociais e culturais que dão valor e constituem as formas, funções e estruturas. (FUINI, 2011, p.50)


O exercício da apreensão da totalidade é um trabalho fundamental e básico para a compreensão do lugar real e epistemológico que, dentro dela, têm as suas diferentes partes e aspectos. (...) Uma interdisciplinaridade que não leva em conta a multiplicidade de aspectos com os quais se apresenta aos nossos olhos uma mesma realidade, poderia conduzir à construção teórica de uma totalidade cega e confusa, incapaz de permitir uma definição correta de suas partes, agravando o problema de sua própria definição como realidade total. Isto supõe que se reconheça um objeto à Geografia e que se hajam identificado suas categorias fundamentais. É bem verdade que as categorias mudam de significação com a história, mas elas são uma base e guia permanente para teorização. Partindo do objeto da disciplina, o espaço, considera-se o processo de produção do espaço como produto histórico. (SANTOS, 2002, p. 141).

Tudo está interligado, onde o meio sofre interferências antrópicas e vice versa, não aparado por um equilíbrio perfeito, mas um desequilíbrio causado pela dinamização do sistema aberto, que recebe um fluxo intenso de informações.

1.2 CRISE DE PERCEPÇÃO E MEIO AMBIENTE

Como visto no decorrer da discussão a desordem ambiental causada pelas ações antrópicas desenfreadas são cada vez mais comuns e visíveis, uma grande insustentabilidade que acarreta graves danos ao meio ambiente, uma proposta que corre em volta do consumismo desenfreado, o lucro ultrapassa os valores humanos e ambientais. Este fenômeno é tratado por Capra (1996), como uma crise que engloba toda a humanidade, uma crise de percepção.

O conceito de percepção está ligado à maneira de sentir e observar a si mesmo como um ser que faz parte de uma teia chamada universo. De acordo com Penteadó (2010), os sistemas de percepções geram sistemas de comportamentos, de modo que a ação consciente é interdepende do que é percebido no meio. Assim, decorre da visão de mundo obsoleta, onde as coisas perdem o valor, são cada vez mais descartáveis, tudo está ultrapassado, uma visão criada pela sociedade em geral, que inviabiliza o avanço de propostas sustentáveis em prol da utilização desenfreada dos recursos naturais.



A compreensão linear mecanicista, instaurada em meados do século XIX na ciência, trouxe inúmeros benefícios e avanços tecnológicos para a sociedade, porém também é causadora dos reflexos de “crises” que circundam a humanidade. Um modelo fragmentador que visava a separação das partes para compreendê-las, partindo da perspectiva de que os sistemas sociais são como máquinas com engrenagens que se encaixam perfeitamente. E a partir disto originou-se a ideia de padronização do contexto de mundo, característico da crise de percepção. Não há como entender o mundo tratando suas partes isoladamente, pois as relações entre sociedade e meio são fundamentais para a busca de soluções das várias situações que cercam o planeta. A separação das partes acontece porque a mentalidade reducionista é útil para o entendimento de algumas situações das exatas, mas completamente inadequado para outras, como a compreensão da complexidade da vida.


O pensamento cartesiano fundamentou uma sociedade que acredita que o mundo é um baú de recursos a serviço do “desenvolvimento” econômico. Um rio intocado ou uma floresta milenar são recursos não aproveitados. Essa crença orienta o desenvolvimentismo que é cego por só saber ou querer olhar para fragmentos tortos da realidade como o PIB. Apaixonamos-nos tanto pelas máquinas e acreditamos tão cegamente na ciência reducionista que em todo lugar que olhamos só conseguimos ver máquinas. Pessoas, organizações, comunidades e ecossistemas são vistos como tipos particulares de sistemas mecânicos (TAVARES, 2019, p.1).

É no entrelaçar dos diversos fenômenos da existência que o reducionismo da crise ignora o emaranhado de ações e retroalimentações, a qual, entendida e percebida, conduz ao desabrochar da sensibilidade ecológica, e mais tarde, resulta na individuação, e consequentemente no fenômeno da insustentabilidade. (MAFESSOLI, 2010, p.89).

A monopolização do pensamento, gerado pelas propostas de mundo globalizado mecanicista, envolto pelos avanços tecnológicos sem planejamento cria uma padronização de pensamento, que se torna estático, mórbido, sem nenhuma percepção da vida. De acordo com Santos (2001), o ser humano perpassa por um momento de esquizofrenia para com o território, onde o ambiente deve estar ao dispor da humanidade, à serviço das facetas lucrativas, partindo da percepção de que o homem está em dissonância com o meio.

Esta visão linear racional fracionada limita a visão do campo de ação das diversas inter-relações e torna a sociedade passiva diante dos expostos da modernidade. Corroborando com esta afirmação, Mafessoli apresenta algumas características da crise de percepção:

Separação - dominação. São essas as duas características do mito do Progresso. São essas as raízes do paradigma moderno. A natureza torna-se um “ob-jeto” (o que é colocado a nossa frente) dominada por um “sub-jeito” (substancial) autossuficiente e, principalmente, que representa uma Razão soberana, fundamento do desenvolvimento científico, depois tecnológico. É por e graças a essa racionalização generalizada da



existência (Max Weber) que se rompeu a participação mágica, a correspondência mística que o homem, nas sociedades pré-modernas, mantinha com seu ambiente natural. (MAFESSOLI, 2010, p.79).

Portanto é preciso que haja uma sensibilização da forma perceptiva do ambiente, para que a população volte a ter a condição de conectividade com seu entorno, com a percepção de que tudo está interligado, e todos vivem em uma única teia, dissipando o imaginário de que o ambiente é subserviente às vontades antrópicas.


É necessário que haja uma relação de reciprocidade, participação e solidariedade incondicional para com o próximo, a fauna, a flora, a vida em toda sua totalidade. O nosso tempo pede a superação do modelo mental reducionista, esse que permeia todas as esferas da sociedade moderna. É necessário entender a sua limitação e mergulhar profundamente em um novo tipo de conhecimento: um informado pelos sistemas vivos. (TAVARES, 2019, p.01).

A partir do momento em que se compreende o sentido de Teia da Vida, se tem a quebra de paradigmas implementados pelo pensamento reducionista mecânico, ou seja, por mais que a mente humana iludida crie estigmas ou disparidades geradores de litígio, a concepção de estarmos subterraneamente vinculados uns aos outros, com os ecossistemas e com todas as partículas deste planeta se torna fundamento para o entendimento e organização solidária em sociedade. (GARCIA; SOARES, 2019).

CONSIDERAÇÕES FINAIS

A busca teórica reunida e apresentada nesta pesquisa traz contribuições acerca da introdução e construção da Teoria dos Sistemas, com o intuito de aplicar a compreensão de que os sistemas vivos só podem ser compreendidos a partir de uma visão da totalidade, do mundo como um sistema, uma rede de interações, e assim entender a complexidade das problemáticas ambientais. Um pensamento diferente do paradigma científico cartesiano e mecanicista, o qual se apoia na análise da natureza conduzida por modelos exatos e métodos de questionamento, em que as descrições são objetivas, divididas em partes. Contudo, vale ressaltar que o pensamento sistêmico não descredencia as contribuições científicas do pensamento analítico, mas demonstra-se como um novo paradigma, em que implica suas bases na observação do Meio Ambiente como ele é, sendo uma teia formada por interrelações sistêmicas.

Diante do atual cenário embasado nas vertentes do sistema capitalista, na compulsão da compra e rápido descarte, no crescimento urbano sem planejamento e no uso exacerbado dos recursos naturais os problemas ambientais se tornam cada vez mais agravantes e se faz necessário optar por uma gestão ambiental partindo dos princípios sistêmicos, pois a teoria dos sistemas permite uma contribuição aos estudos voltados ao equilíbrio ecológico entre sociedade e natureza, por valorizar as propriedades fundamentais dos sistemas. A partir da



análise das discussões e teorias hasteadas pelos autores no decorrer do texto, a gestão ambiental configurada a partir de um olhar sistêmico para a realidade não quer extinguir o trabalho exercido pelas funções administrativas. Mas, utilizar de forma multidisciplinar e sistêmica todos os conhecimentos dela, visando à redução dos impactos das atividades econômicas sobre o Meio Ambiente.

Assim, a abordagem sistêmica aplicada ao gerenciamento dos órgãos ambientais, apresenta vias para um processo de equilíbrio entre sociedade e natureza, propiciando um olhar crítico-reflexivo para com as ações antrópicas executadas de forma desordenada no ambiente, o que aflige o futuro das próximas gerações. O mundo não é uma máquina com engrenagens que podem ser trocadas ou concertadas quando danificadas, mas um sistema vivo e ecológico que precisa da interação correta entre seus componentes.

REFERÊNCIAS

A CARTA DO CACIQUE SEATTLE. Disponível em: <http://www.ufpa.br/permacultura/carta_cacique.htm> Acesso em 15/04/2020. **10 ANOS SEM LIXÃO** Disponível em: <<http://www.agendaa.com.br/negocios/economia/8391/2020/06/12/10-anos-sem-lixao-como-maceio-virou-referencia-com-um-dos-mais-modernos-aterros-sanitarios-do-pais>>. Acesso em: 02/02/2021.

BERTALANFY, Ludwig Von. **Teoria Geral dos Sistemas**. 2. ed., Brasília: Vozes, 1975. _____ . e outros. **Teoria dos Sistemas**. (Série Ciências Sociais), Rio de Janeiro: Fundação Getulio Vargas, 1976.

BOEIRA, Sérgio Luis. **Ecologia Política: Guerreiro Ramos e Fritjof Capra. Ambiente & Sociedade** – Ano V – Nº 10 – 1º Semestre de 2002.


CAPRA, Fritjof. **O Ponto de Mutação**. São Paulo. EDITORA CULTRIX 1982.432 p.

CAPRA, Fritjof. **A teia da vida: uma nova compreensão científica dos sistemas vivos**. São Paulo: Cultrix, 1996

CHRISTOFOLETTI, A. **Análise de Sistemas em Geografia**. São Paulo: Hucitec, 1979.

FILHO, Ettore Bresciani; D’OTTAVIANO, Ítala Maria Loffredo. **Conceitos Básicos de Sistêmica**. In Auto-organização: estudos interdisciplinares/ Ítala M. L. D’Ottaviano e Maria E. Q. Gonzáles, org: Campinas:UNICAMP, Centro de Lógica, Epistemologia e História da Ciência, 2000, p.283-306.

GRIPP, W. G. - **Aspectos técnicos e ambientais da incineração de resíduos sólidos urbanos: considerações sobre a proposta para São Paulo**. Dissertação de Mestrado - Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade de São Paulo. São Carlos, 1998.



KRÜGER, Leonardo F. **Uma abordagem sistêmica da atual crise ambiental**. Revista educação e Tecnologia. Periódico Técnico Científico dos Programas de Pós-graduação em Tecnologia dos CEFETs – PR/MG/RJ. 2012.

LUHMANN, N. **Organización y decision: autopoiesis, accion y entendimento comunicativo**. Trad. por Dario Rodriguez Mansilla. Chile: Universidad Iberoamericana, 1997.

MAFESSOLI, Michel. **Saturação**. São Paulo, Editora Iluminuras, 2010.

MARTINELLI, Dante P.; VENTURA, Carla A. A. Considerações finais. MARTINELLI, D. P.; VENTURA, C. A. A.; MACHADO NETO, A. J. [et al.] **Visão Sistêmica e administração: conceitos, metodologias e aplicações**. São Paulo: Saraiva, 2006.

MATURANA, H. **A ontologia da realidade**. In: MAGRO, C.; GRACIANO, M.; VAZ, N. (orgs.). A ontologia da realidade. 1ª reimpressão. Belo Horizonte: UFMG, 1999.

MORIN, E. **O problema epistemológico da complexidade**. Portugal, Publicações Europa-América Ltda, 2002.

PENTEADO, Claudio Luis de Camargo; FORTUNATO, Ivan. **Crise Ambiental e Percepção: Fragmentação ou complexidade? Revista Eletrônica do Mestrado em Educação Ambiental**. Rio Grande, 2010.

PRIGOGINE, I. et STENGERS, I. **A nova aliança: metamorfose da ciência**. Trad. por Miguel Faria e Maria Joaquina Machado Trincheira. Brasília, UnB, 1997.

SALES, V. de C. “**Geografia, Sistemas e Análise Ambiental: Abordagem Crítica**”. Geosp – Espaço e Tempo, São Paulo, n. 16, p. 125-141, 2004.

SANTOS, M. **Espaço e Método**. São Paulo: Nobel, 1992 (3ª. Edição).

SANTOS, M. **Por uma Geografia Nova: Da Crítica da Geografia a uma Geografia crítica**. São Paulo: Edusp, 2002 (3ª. Edição).

SILVEIRA, Lauro Frederico Barbosa. **Acaso, Existência e Lei em um Universo em Evolução**. Cognition Revista de Filosofia. V.1 , p.127-137, São Paulo, 2000.

TCHOBANOGLIOUS, G et al. **Integrated solid waste management: engineering principles and management issues**. EUA: McGraw-Hill, 1993.

VICENTE, L. E.; PEREZ FILHO, A. **Abordagem Sistêmica e Geografia**. Geografia-Ageteo, Rio Claro, v. 28, n. 3, p. 323-344, set./dez. 2003.

VIEDERMAN, S. **A sustainable society: what is it? How do we get there? Poynter Center: Indiana University, 1992**.



CAPÍTULO 26

PRODUÇÃO E CARACTERIZAÇÃO DOS FILMES BIODEGRADÁVEIS À BASE DE AMIDO DE MANDIOCA: INFLUÊNCIA DA TEMPERATURA DE SECAGEM

DOI: 10.47402/ed.ep.c202153726097

Lara Saldanha Neves Horta Lima, graduada em Eng. de Alimentos, UFRN
Marcos Antônio de Menezes Silva Júnior, graduado em Eng. de Alimentos, UFRN
Andréa Oliveira Nunes, Doutor em Eng. de Processos e Ambiental, Institut National Polytechnique de Toulouse; Docente do Depto. Eng. Química, UFRN
Fábio Gonçalves Macêdo de Medeiros, Mestre em Eng. Química, UFRN
Delane da Costa Rodrigues, Doutor em Biotecnologia, UFC
Maria do Socorro Rocha Bastos, Doutor em Ciência e Tecnologia de Alimentos, UFV, Pesquisadora A da EMBRAPA, Centro Nacional de Pesquisa de Agroindústria Tropical, Fortaleza, CE
Kátia Nicolau Matsui, Doutor em Eng. Química, USP; Docente do Depto. Eng. Química, UFRN


RESUMO

O objetivo desse estudo foi avaliar a influência do binômio tempo e temperatura de secagem (T_s) sobre as propriedades mecânicas e características físico-químicas dos filmes à base de amido de mandioca (FAM), obtidos pelo método *casting*, submetidos a estufa de secagem com convecção forçada. As melhores condições do binômio T_s e tempo foram $55^\circ\text{C}/8,0\text{h}$ (FAM-55) e $60^\circ\text{C}/5,5\text{h}$ (FAM-60) apresentando excelentes resultados para a resistência máxima à tração ($2,92 \pm 0,34$ e $3,88 \pm 0,77$ MPa), respectivamente; sendo essas as condições escolhidas para a determinação dos demais parâmetros. FAM-55 e FAM-60 demonstraram ser uma barreira mais efetiva para a permeabilidade ao vapor d'água (PVA) com valores significativamente menores ($3,81 \pm 0,55$ e $4,10 \pm 0,54$ g.mm.m⁻².dia⁻¹. kPa⁻¹). As imagens geradas pelo MEV mostraram superfícies e áreas de seção transversal homogêneas para os FAM. Ausências de canais ou fissuras nos filmes e a uniformidade na espessura, confirmaram que as condições de produção: solução filmogênica gelatinizada a 70°C ; sob agitação constante por 30 min; depositada em placa de acrílico (método *casting*), assim como as condições de secagem, favoreceram a produção de um material polimérico homogêneo proporcionando bons resultados de resistência à tração e melhores propriedades de barreira ao vapor d'água, quando comparado à literatura. Os FAM apresentaram elevada hidrofobicidade nos ensaios de ângulo de contato e rápida biodegradabilidade durante 12 dias.

PALAVRAS-CHAVE: filmes à base de amido de mandioca, temperatura de secagem, propriedades mecânicas, permeabilidade ao vapor d'água, biodegradabilidade.

1. INTRODUÇÃO

Nos últimos anos, a crescente preocupação ambiental tem levado a indústria de alimentos a buscar alternativas às matrizes predominantemente baseadas em petróleo e não renováveis para aplicações em embalagens¹. Filmes biodegradáveis têm sido investigados como




estruturas promissoras devido à sua segurança e versatilidade de uso e obtenção². Como embalagem primária, os filmes biodegradáveis podem aumentar a vida útil dos produtos, desempenhar funções ativas, regular as taxas de troca de oxigênio e umidade e melhorar as qualidades sensoriais³. Além disso, uma série de biopolímeros, como celulose, gomas, quitosana, isolados de proteína, pectina, alginatos, cera e amido têm sido usados para a produção de filmes⁴⁻⁶. Entre eles, o amido pode ser considerado o mais promissor devido à sua grande abundância, ser atóxico e de baixo custo⁷⁻⁹.

O amido é a principal fonte de carboidratos composta por duas macromoléculas, ambas formadas por D-glicose, mas estruturalmente diferentes. A amilose é um polissacarídeo linear, enquanto a amilopectina apresenta arranjo ramificado¹⁰. A mandioca é uma raiz tuberosa versátil, conhecida como fonte de amido, com produção e consumo expressivos nas regiões tropicais, principalmente no Brasil, onde apresenta aspectos culturais e históricos^{11,12}. O teor de amilose no amido de mandioca é de até 27%, o que pode ser interessante para a produção de filmes, uma vez que o alto teor de amilose está relacionado a boas propriedades mecânicas, como estrutura mais resistente e flexível^{13,14}.

Enquanto os filmes à base de amido (FAM) tendem a apresentar baixas razões de alongamento e fragilidade, devido às interações amilose-amilose¹⁵, os parâmetros do processo também impactam nas propriedades do filme. A ruptura física da estrutura semicristalina do amido e o processo de gelatinização necessário para a obtenção do amido termoplástico, seguido pela reorganização e recristalização durante a etapa de secagem, também são responsáveis pelo comportamento mecânico e de barreira dos filmes¹⁶⁻¹⁸. Da mesma forma, outros parâmetros de qualidade importantes para o desempenho do FAM, como a hidrofobicidade e a permeabilidade ao vapor d'água (PVA), podem ser influenciados pelos parâmetros do processo^{19,20}.

Portanto, o objetivo deste estudo é avaliar o impacto da temperatura de secagem (T_s) e do tempo nas propriedades mecânicas e físico-químicas de filmes à base de amido de mandioca (FAM). Para tanto, foi utilizada uma formulação modelo e os filmes foram obtidos pelo método de *casting*. Foram avaliados a resistência à tração máxima e o alongamento na ruptura, e as melhores condições encontradas foram avaliadas em relação à umidade, permeabilidade ao vapor d'água (PVA), ângulo de contato, microestrutura e biodegradabilidade. Filmes comerciais de polietileno de baixa densidade (PEBD) e polipropileno (PP), ambos utilizados em embalagens de alimentos, foram utilizados como padrões de comparação para alguns dos



parâmetros descritos. A novidade deste estudo está na otimização das condições de secagem para a produção de FAM.

2. METODOLOGIA

2.1 MATERIAIS

Amido de mandioca (Yoki Alimentos, Brasil) contendo $219,0 \text{ g.kg}^{-1}$ de amilose, de acordo com Carvalho (2018) e $128,5 \text{ g.kg}^{-1}$ de água foi adquirido em mercado local (Natal, Brasil). O glicerol usado nesse estudo foi adquirido da Sigma-Aldrich (St. Louis, USA).

2.2 PRODUÇÃO DO FAM PELO MÉTODO *CASTING*

FAM foi obtido via *casting*, utilizando uma formulação modelo de 92% água destilada, 6% amido de mandioca, 2% glicerol (m/m). Em ensaios preliminares, para obter FAM maleáveis e sem fissuras, a melhor razão entre glicerol/amido foi de 0,34 (m/m). 470 g de solução filmogênica foi homogeneizada e aquecida a 70°C sob agitação constante, por 30 min, até a completa gelatinização do amido. A solução filmogênica foi depositeada sob placas de acrílico (50 cm x 30 cm). Para uniformizar a altura da solução filmogênica nas placas, suportes laterais de altura igual a 3 mm foram anexados ao suporte.

As placas foram encaminhadas para a estufa de ar quente com circulação forçada (modelo Luca-82/27, Lucadema, Brasil), sob diferentes condições de temperatura de secagem (T_s) de 45°C a 80°C . O tempo de secagem variou de acordo com T_s . Um parâmetro visual, o desprendimento das bordas do filme da placa, foi usado para a remoção do FAM da estufa de secagem. As amostras foram cuidadosamente retiradas das placas e armazenadas em temperatura ambiente.

2.3 PROPRIEDADES MECÂNICAS

2.3.1 ESPESSURA

A espessura foi determinada para avaliar a uniformidade do FAM produzido e para a determinação de outros parâmetros de análise. As amostras de FAM (13 mm x 120 mm) foram obtidas a temperatura ambiente. A espessura foi medida em pelo menos em três pontos randomizados de cada amostra, usando um micrômetro digital (modelo IP54, Digimess, Brasil), com precisão de 0,001 mm.

2.3.2 TENSÃO MÁXIMA E ALONGAMENTO NA RUPTURA

Tensão máxima (TM) e alongamento na ruptura (A) foram determinados para todas as amostras de FAM desenvolvidas. Amostras de (25 mm x 120 mm) foram mantidas previamente em dessecadores com solução saturada de NaCl (UR = 75%), a $25 \pm 2^\circ\text{C}$, por 48 h. As propriedades mecânicas foram medidas através da submissão das amostras, com separação inicial entre as garras de 750 mm a uma velocidade de operação de $50 \text{ mm}\cdot\text{min}^{-1}$, a tensão máxima na ruptura e o alongamento foram determinados em equipamento específico (modelo Tensolab 3000, Mesdan, Itália), sob condições de 21°C e UR = 65%, de acordo com a norma ASTM D882-02²¹. Outras análises de caracterização dos FAM foram realizadas para as amostras que apresentaram os melhores resultados para os ensaios de tensão máxima na ruptura.

2.4 CARACTERIZAÇÃO DOS FILMES

2.4.1 TEOR DE UMIDADE (U)

O método gravimétrico descrito por Hosseini *et al.*²² foi usado para a determinação do teor de umidade. Corpos de prova (10 mm x 30 mm) foram obtidos das amostras de FAM, a temperatura ambiente ($25 \pm 2^\circ\text{C}$), pesadas, e secas em estufa de ar quente com circulação forçada a 110°C , por 24 h. O teor de umidade (U) foi calculado pela Equação (1):

$$U(\%) = \left(\frac{m_i - m_f}{m_i} \right) * 100 \quad (1)$$

Onde m_i é a massa inicial e m_f é a massa após a secagem até peso constante dos corpos de prova. As determinações foram realizadas em triplicata (n=3).

2.4.2 SOLUBILIDADE EM ÁGUA (SA)

A solubilidade em água foi descrita seguindo o método proposto por Hosseini *et al.*²². Massa seca inicial (m_{si}) foi determinada para os corpos de prova (10 mm x 30 mm) em estufa de ar quente com circulação forçada a 110°C , por 24 h. Após esse procedimento, os corpos de prova foram imersos em recipiente com 50 mL de água destilada, agitados por 6h, a 25°C e secos por 24 h, a 110°C . Ensaios preliminares mostraram que em períodos acima de 6h, as amostras se desfragmentam, tornando as medições inviáveis. Após esse período, a massa seca final é determinada (m_{sf}). Os valores para a solubilidade em água foram determinados pela Equação (2). As medidas foram feitas em triplicata (n=3).

$$SA(\%) = \left(\frac{m_{si} - m_{sf}}{m_{si}} \right) * 100 \quad (2)$$

2.4.3 PERMEABILIDADE AO VAPOR D'ÁGUA (PVA)

Os ensaios de PVA seguiram os procedimentos da norma internacional ASTM E96 / E96M-16 ²³. A PVA foi realizada usando células circulares de acrílico com área livre de exposição de $3,84 \cdot 10^{-4} \text{ m}^2$. Amostras de FAM foram, individualmente, posicionadas na célula que continha sílica no espaço interno e as células foram mantidas por 24 h, a temperatura ambiente ($25 \pm 2^\circ\text{C}$), com solução saturada de NaCl para obter o gradiente de umidade relativa entre célula/ambiente de 0%/75%. As medidas foram feitas em triplicata. Primeiramente, a taxa de permeabilidade ao vapor d'água, (TPVA) foi determinada usando a Equação (3):

$$TPVA (g \cdot m^{-2} \cdot dia^{-1}) = \frac{w}{t * A} \quad (3)$$

onde w é o ganho de massa (g), A é a área de exposição da célula (m^2) e t é o tempo (dia).

A PVA dos filmes foi determinada pela Equação (4):

$$PVA (g \cdot mm \cdot m^{-2} \cdot dia^{-1} \cdot kPa^{-1}) = TPVA * \frac{e}{P_s} * (UR_1 - UR_2) \quad (4)$$


onde P_s é a pressão de saturação do vapor d'água (kPa), UR é a umidade relativa do ambiente externo (dessecador) (UR_2) e interno a célula (UR_1), e e é a espessura do filme (mm).

2.4.4 ÂNGULO DE CONTATO (Θ)

A hidroflicidade dos filmes foi determinada pelo ângulo de contato entre uma gota de água e a superfície do FAM. O ângulo de contato foi determinado pelo método reportado por Nascimento *et al.* ²⁴ usando um goniômetro (modelo DSA 100, Krüss, Hamburgo, Alemanha). A gota de água (15 μL) foi automaticamente depositada na superfície central dos filmes, através de microseringa. As medidas foram monitoradas por meio de uma câmera de alta resolução instalada no aparelho (25 tomadas por segundo). Um difusor de LED de fundo branco foi usado como fonte de luz. Uma tela foi colocada entre a fonte de luz e a gota para minimizar o aquecimento e fornecer iluminação uniforme e bom contraste sem perda de massa durante a deposição. O software calculou instantaneamente os ângulos de contato aparentes. As medidas foram realizadas em triplicata.

2.4.5 MICROSCOPIA ELETRÔNICA DE VARREDURA (MEV)

A superfície dos filmes e as superfícies crio-fraturadas foram examinadas usando um microscópio eletrônico de varredura *Field Emission Gun* (modelo Supra 35-VP, Carl Zeiss, Jena, Alemanha), usando potência de feixe de elétrons de 15kV e ampliação de $80-1500 \times$ para



investigar a morfologia dos mesmos. As amostras foram congeladas em nitrogênio líquido para que fossem fraturadas e então recobertas por uma fina camada de ouro, antes da análise.

2.5 TESTE DE BIODEGRADABILIDADE EM SOLO

O teste de enterramento no solo foi empregado para avaliar a biodegradabilidade dos FAM em um aspecto qualitativo de acordo com Medina-Jaramillo *et al.*²⁵, com pequenas modificações. Amostras quadradas (50 mm x 50 mm) foram cortadas à temperatura ambiente e enterradas em solo, composto de 50% de solo vegetal e 50% de esterco bovino, em bandejas plásticas (100 mm x 200 mm x 5 mm), a 10 mm de profundidade. As bandejas foram mantidas em temperatura e UR ambiente. Devido às condições climáticas do Nordeste do Brasil, água era pulverizada quatro vezes ao dia para manter a umidade do solo constante. Amostras em triplicata foram coletadas após 1, 3, 6 e 12 dias de acondicionamento. As amostras em diferentes estágios de degradação foram cuidadosamente limpas e as alterações registradas em fotografias.

2.6 ANÁLISE ESTATÍSTICA

Para a comparação das médias foi realizada a análise de variância (ANOVA) e o teste de Tukey, com o auxílio do software STATISTICA 7.0, no intervalo de confiança de 95%.

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

3.1 ESPESSURA DOS FILMES E TEMPO DE SECAGEM

As amostras de FAM foram obtidas através do método *casting* de uma solução filmogênica depositada em placas retangulares de acrílico e secas em diferentes condições de temperatura, a fim de avaliar o impacto desta etapa nas propriedades mecânicas dos filmes. Uma vez que um parâmetro visual (ou seja, destacamento das bordas do filme das bordas da placa) foi usado para interromper a fase de secagem do processo, diferentes tempos de secagem foram empregados. Isso foi necessário para que as amostras de FAM não fossem submetidas a condições extremas de secagem, o que poderia fragilizar e impactar negativamente nas propriedades mecânicas dos filmes. A Tabela 1 mostra os tempos de secagem empregados para cada condição de secagem.

TABELA 1. Temperatura de secagem (T_s) e tempo (h) em estufa de ar quente com circulação forçada e a média da espessura (mm) obtida para todas as amostras de FAM. Fonte: autor

Amostras	T_s (°C)	Tempo de secagem (h)	Média da espessura (mm)
FAM-45	45,0	9,0	0,104 ± 0,010 ^a
FAM-50	50,0	8,5	0,141 ± 0,007 ^d

FAM-55	55,0	8,0	0,122 ± 0,005 ^{b,c}
FAM-60	60,0	5,5	0,115 ± 0,021 ^{a,b}
FAM-65	65,0	5,5	0,122 ± 0,014 ^{b,c}
FAM-70	70,0	4,5	0,139 ± 0,013 ^d
FAM-80	80,0	4,0	0,137 ± 0,005 ^{c,d}
PP	-	-	0,055 ± 0,002

Diferentes letras na mesma coluna indica que existe diferença significativa entre os resultados ($p < 0,05$).

De acordo com Sarantópolos *et al.*²⁶, a espessura dos filmes é um importante parâmetro de homogeneidade. Além disso, o desempenho mecânico pode ser diretamente influenciado por variações significativas de espessura. A Tabela 1 mostra os resultados de espessura média ($n = 5$) obtidos para todos os FAM desenvolvidos. A partir desses resultados, pode-se afirmar que a variação de T_s não interferiu na espessura. A estratégia de fixação das bordas laterais (3 mm) nas placas de acrílico, a fim de estabelecer uma relação padrão entre a quantidade de solução filmogênica e a área da placa, foi eficaz. Todos os FAM produzidos apresentaram espessuras entre 0,100 e 0,140 mm, o que minimizou possíveis interferências deste parâmetro nos ensaios mecânicos. Jansson e Thuvander²⁷ mostraram que, para filmes à base de amido de batata obtidos via *casting*, filmes mais finos apresentaram melhores desempenhos mecânicos.

As espessuras de FAM aqui apresentadas estão de acordo com as encontradas por Luchese *et al.*²⁸, que relataram $0,14 \pm 0,01$ mm e $0,17 \pm 0,04$ mm, para concentrações de amido semelhantes. Assis *et al.*²⁹ relataram que usando menor concentração de amido (4%), menor T_s e período de secagem muito mais longo (35 ° C por 20 h), ainda os resultados de espessura são consistentes ($0,123 \pm 0,0047$ mm) com os apresentados neste estudo. Quando comparados com filmes obtidos de outras matrizes, como amido de ervilha associado à goma xantana³⁰, com espessura média de 0,073 mm, os FAM geralmente são mais espessos. Além disso, o filme de PP comercial apresentou espessura bem menor e mais uniforme, devido à sua produção industrial, ao contrário do método de produção do FAM.

3.2 MÁXIMA TENSÃO E ALONGAMENTO NA RUPTURA

A avaliação das características mecânicas dos filmes biodegradáveis é essencial para determinar a sua viabilidade como embalagem. A resistência mecânica e a flexibilidade são características desejáveis para filmes de embalagem, a fim de manter a integridade quando exposto ao estresse. Tais propriedades mecânicas também estão relacionadas aos atributos de barreira dos filmes³¹. Na Tabela 2 estão apresentados os resultados de tensão máxima e alongamento na ruptura para todos os FAM produzidos em diferentes T_s .

TABELA 2 Valores de Tensão máxima à tração (MPa) e alongamento na ruptura (%) para todos os FAM produzidos em diferentes T_s . Fonte: autor.

Amostras	Tensão máxima à tração (MPa)	Alongamento na ruptura (%)
FAM-45	1,88 ± 0,16 ^b	34,39 ± 6,39 ^b
FAM-50	1,27 ± 0,09 ^a	23,92 ± 3,69 ^a
FAM-55	2,92 ± 0,34 ^d	41,97 ± 6,98 ^{b, c}
FAM-60	3,88 ± 0,77 ^e	33,38 ± 8,96 ^{a, b}
FAM-65	2,08 ± 0,25 ^{b, c}	46,20 ± 8,70 ^{c, d}
FAM-70	2,40 ± 0,27 ^c	36,27 ± 5,73 ^b
FAM-80	1,62 ± 0,16 ^{a, b}	53,67 ± 6,33 ^d

Diferentes letras na mesma coluna indica que existe diferença significativa entre os resultados ($p < 0,05$).

Os resultados mostraram que as condições de T_s de 55°C e 60°C exibiram os mais elevados valores ($p < 0,05$) para a tensão máxima, 2,92 ± 0,34 MPa e 3,88 ± 0,77 MPa, respectivamente. Para o alongamento na ruptura, nenhuma das condições de T_s apresentou diferença significativa entre elas. No entanto, os maiores valores de alongamento na ruptura foram encontrados para T_s de 65°C e 80°C, respectivamente 46,20 ± 8,70 % e 53,67 ± 6,33%.

Os resultados apresentados de tensão máxima estão de acordo com estudos prévios reportados na literatura. Assis *et al.*²⁹ e Weerapoprasit e Prachayawarakorn¹⁶ apresentaram valores em torno de 3,0 MPa usando formulações similares para a produção de FAM. No entanto, é importante ressaltar que esses dois estudos foram conduzidos com tempos de secagem demasiadamente maiores, 20 h e 24 h, respectivamente, sendo esse parâmetro otimizado no estudo aqui apresentado. Além disso, os resultados desse estudo também são duas vezes superiores aos apresentados por Caetano *et al.*³², que relatou 1,74 ± 0,01 MPa, para uma condição de secagem de 30 ° C por 16 h. Kaisangsri *et al.*³³ desenvolveram filmes por *casting* usando $T_s = 250$ ° C e relataram valores de 0,669 MPa para resistência à tração e 1,49% para alongamento na ruptura. Mendes *et al.*³⁴ obtiveram 2,1 ± 0,3 MPa e 69 ± 16% para filmes de amido extrudado com T_s de 120 ° C a 140 ° C. Luchese *et al.*²⁸ avaliaram a influência de diferentes quantidades de amido nas propriedades físico-químicas de filmes de mandioca desenvolvidos via *casting* com $T_s = 35$ ° C. Para uma relação glicerol/amido de 0,3, semelhante a deste trabalho, eles encontraram valores de 3,1 ± 0,1 MPa e 107 ± 6% para resistência à tração e alongamento na ruptura.

Os resultados de resistência máxima à tração mostrados na Tabela 2 podem ter sido influenciados pela proximidade do T_s com a temperatura de transição vítrea (T_G) do amido. Como mencionado anteriormente, os materiais termoplásticos de amido e glicerol tendem a

sofrer recristalização e, de acordo com Mali *et al.* ¹⁸, esse processo de rearranjo molecular pode ser acelerado quando esses materiais são mantidos em temperaturas acima de sua característica T_G. Souza *et al.* ³⁵ relataram que, para soluções filmogênicas de amido/glicerol, a transição vítrea é caracterizada por duas temperaturas distintas que representam o início e término do processo, tal processo pode ocorrer em diferentes faixas de temperatura, de acordo com a razão amido/glicerol na mistura, as zonas de transição vítrea podem variar de 38 °C a 62 °C para uma razão amido/glicerol semelhante à usada neste trabalho.

No que diz respeito à fonte de amido, os FAM obtidos apresentaram resistência máxima à tração semelhante e alongamento na ruptura superior aos filmes obtidos de amido de trigo (3,29 ± 0,79 MPa e 15,21 ± 5,88%), amido de milho (3,72 ± 0,81 MPa e 19,13 ± 4,53%) ¹⁹ e amido de milheto (3,49 ± 0,3 MPa e 19,21 ± 2,20%) ⁹, filmes à base de amido de berinjela obtidos por Nouraddini *et al.* ³⁶ suportaram 1,94 ± 0,01 MPa de tensão e 20.426 ± 0,003% de alongamento antes do rompimento. Para todos esses estudos as condições de T_s foram amenas, de 25 °C a 40 °C, e longos períodos de tempo de secagem, até 48 h. A otimização da etapa de secagem mostrada nesse trabalho é considerada relevante para estudos futuros sobre FAM.

Levando em consideração as propriedades mecânicas dos filmes produzidos a 55 °C e 60 °C, os resultados obtidos são comparáveis aos filmes de PEBD, que atualmente são comercializados como embalagens para alimentos, 3,9 ± 0,4 MPa de resistência à tração e 99 ± 50% de alongamento na ruptura ²⁸. A partir dos resultados obtidos para as propriedades mecânicas, as amostras FAM-55 e FAM-60 foram submetidas a outras caracterizações.

3.3 TEOR DE UMIDADE (U), SOLUBILIDADE EM ÁGUA (SA) E PERMEABILIDADE AO VAPOR D'ÁGUA (PVA)

Na Tabela 3 estão apresentados os valores encontrados para U, SA e PVA para as amostras de FAM-55 e FAM-60 analisadas. Três filmes foram obtidos para cada condição de T_s e pelo menos três corpos de prova de cada filme foram selecionados para cada análise. Amostras de filme comercial de PP (polipropileno) foram analisadas para posterior comparação.

TABELA 3 Valores médios de U, SA e PVA para cada FAM sujeito a T_s de 55°C e 60°C e o filme comercial de PP. Fonte: autor.

Samples	U (%)	SA (%)	PVA (g.mm.m ⁻² .dia ⁻¹ .kPa ⁻¹)
FAM-55	20,67 ± 0,00	31,99 ± 0,03	3,807 ± 0,548
FAM-60	19,17 ± 2,99	48,93 ± 7,20	4,097 ± 0,540


PP	-	-	0,209 ± 0,019
----	---	---	---------------

Valores de U encontrados na literatura são variáveis e abrangem uma ampla faixa, sendo as mais próximas as descritas por Luchese *et al.*²⁸, de $15,9 \pm 0,2\%$ e $12,2 \pm 0,5\%$, em concentrações de amido semelhantes às descritas nesse estudo. Além disso, é possível encontrar valores menores para U, como os descritos por Reis *et al.*³⁷ de 11,20 %, bem como mais elevados, como os encontrados por Jaramillo *et al.*³⁸, de $37,9 \pm 0,3\%$, ambos para FAM. Comparando com os resultados obtidos por Mali *et al.*¹⁸, que produziram filmes de amido de batata-doce, com U variando de 23,63 a 27,75%, os valores encontrados são menores.

Parâmetros como solubilidade e permeabilidade ao vapor d'água são importantes para caracterizar e direcionar a aplicação de filmes biodegradáveis para embalagens de alimentos. Certos produtos requerem sistemas com excelente barreira ao vapor d'água para evitar perda (como vegetais) ou ganho de umidade (como produtos de panificação), reações microbiológicas e enzimáticas durante o período de condicionamento. Outros precisam de um sistema menos restritivo, onde trocas gasosas seletivas podem ocorrer e minimizar possíveis reações e mudanças sensoriais nos alimentos²⁶.

A avaliação da solubilidade em água também demonstra que o material polimérico mantém a característica de degradação em meio aquoso. Os resultados de SA dos filmes desenvolvidos (Tabela 3) foram consistentes com a natureza da matriz polimérica, ou seja, alta solubilidade entre 30-50%. Nouraddini *et al.*³⁶ determinaram a solubilidade em $32,16 \pm 0,61\%$ para filmes derivados de amido de milho. Ao final de cada análise, o filme polimérico fragmentou-se ou aglomerou-se, dificultando muitas vezes as medidas gravimétricas, o que pode ter influenciado nos valores encontrados. Assis *et al.*²⁹ e Caetano *et al.*³² determinaram a solubilidade de filmes de amido de mandioca e encontraram valores de $17,88 \pm 0,16\%$ e $18,84 \pm 0,50\%$, respectivamente.

Os mesmos autores determinaram a PVA de FAM submetendo os filmes às mesmas condições utilizadas neste trabalho (i.e, umidade relativa 0% / 75% e temperatura de 25 ° C) e encontraram valores em torno de $8,64 \pm 1,20$ e $10,32 \pm 0,24$ g. mm. m⁻². dia⁻¹. kPa⁻¹, respectivamente^{29,32}. Os valores determinados neste trabalho para a PVA foram significativamente menores, na ordem de $3,81 \pm 0,55$ g. mm. m⁻². dia⁻¹. kPa⁻¹ e $4,10 \pm 0,54$ g. mm. m⁻². dia⁻¹. kPa⁻¹, para FAM-55 e FAM-60, respectivamente. Jaramillo *et al.*³⁸ e Luchese *et al.*²⁸ condicionaram filmes de amido de mandioca em ambientes com UR = 50% e 60%,



respectivamente, e encontraram $PVA = 76,03 \pm 6,91 \text{ g. mm. m}^{-2} \cdot \text{dia}^{-1} \cdot \text{kPa}^{-1}$ e $5,52 \pm 1,20 \text{ g. mm. m}^{-2} \cdot \text{dia}^{-1} \cdot \text{kPa}^{-1}$.

Filmes desenvolvidos a partir de outras fontes biodegradáveis são levados em consideração, como a pectina extraída de frutas, em condições com gradiente de umidade relativa semelhante (100%/30%) e temperatura de 25°C ³⁹ apresentaram valores de PVA de $76,56 \pm 2,61 \text{ g. mm. m}^{-2} \cdot \text{dia}^{-1} \cdot \text{kPa}^{-1}$ (filmes de pectina de pêssego) e $47,91 \pm 2,19 \text{ g. mm. m}^{-2} \cdot \text{dia}^{-1} \cdot \text{kPa}^{-1}$ (filmes de pectina extraída da manga), demonstrando que os filmes desenvolvidos nesse trabalho demonstraram ser uma barreira mais efetiva ao vapor d'água.


A comparação entre os resultados dos filmes à base de amido de mandioca e o filme comercial de PP mostraram que a permeabilidade dos FAM foi vinte vezes mais elevada. Como retratado anteriormente, dependendo do tipo de alimento que será acondicionado, certa permeabilidade pode ser desejável. Valores encontrados para os resultados de resistência à tração máxima mostraram que as condições $T_s = 55^{\circ}\text{C}$ ou $T_s = 60^{\circ}\text{C}$ geraram resultados similares. Portanto, é possível que tais condições de T_s possam ter influenciado na obtenção de filmes mais homogêneos, com ausência de microfissuras e com matriz polimérica mais coesa, proporcionando melhores propriedades de barreira ao vapor d'água, quando comparados aos resultados da literatura.

3.4 HIDROFILICIDADE

O parâmetro utilizado para analisar a hidrofiliidade dos filmes produzidos é a determinação do ângulo de contato. Para um ângulo de contato menor que 65° , a superfície é considerada hidrofílica, mas se esse ângulo de contato for maior que 65° , o material é considerado hidrofóbico^{40,41}.

A determinação do ângulo de contato, e conseqüentemente da hidrofiliidade, dos filmes produzidos neste trabalho foi feita para as condições das temperaturas de secagem de 55°C e 60°C , pois foram as duas T_s que apresentaram os melhores resultados, em termos de propriedades mecânicas. Além disso, como forma de comparação, testes de ângulo de contato também foram realizados para um filme de PP comercial.

Como pode ser observado na Tabela 5, o ângulo de contato médio para as amostras de FAM apresentou valores muito próximos. Para T_s de 55°C e 60°C , os ângulos de contato foram $57,25 \pm 10,43^{\circ}$ e $56,26 \pm 9,19^{\circ}$, respectivamente, indicando um filme de caráter hidrofílico e que a diferença de apenas 5°C não afetou significativamente nesse resultado. Em contrapartida, o ângulo de contato obtido para o filme comercial de PP foi de $84,25 \pm 3,33^{\circ}$, sugerindo um



caráter hidrofóbico. Valores semelhantes para o ângulo de contato para o PP foram encontrados em outros estudos na literatura ⁴²⁻⁴⁵.

Pode-se observar também na Tabela 4, que as amostras de FAM apresentaram maior variação dos ângulos de contato do que os filmes comerciais de PP. Os filmes biodegradáveis são feitos em condições experimentais de laboratório que podem causar maior heterogeneidade em relação ao PP comercial.

TABLE 4 Ângulo de contato (°) para amostras de FAM e filme de PP comercial. Fonte: autor.

Amostras	Ângulo de contato (°)
FAM-55	57,25 ± 10,43
FAM-60	56,26 ± 9,19
PP	84,25 ± 3,33

Białopiotrowicz ⁴⁶ estudou o ângulo de contato para a água e outros líquidos (glicerol, etilenoglicol, entre outros.) em filmes de amido de milho e batata para diferentes concentrações de amido (2,4,6,8,10 e 12% em massa). O autor observou que as diferenças no ângulo de contato para água nos filmes de milho e batata não são estatisticamente significativas e que o ângulo de contato diminui linearmente com o aumento do teor de amido nos filmes. O ângulo de contato máximo obtido com a menor concentração de amido foi aproximadamente 53° ⁴⁶.

A hidroflicidade de filmes de amido de mandioca quimicamente modificados em comparação com filmes de amido não modificado foi relatada por Colivet e Carvalho ⁴¹. Um ângulo de contato de 41,1° foi observado para o amido não modificado, no entanto para os filmes de amido modificado (amido acetilado e amido cruzado) o ângulo de contato aumentou para 67,0° e 81,7°, respectivamente. Outros estudos mostraram resultados semelhantes, onde filmes produzidos com amidos quimicamente modificados tiveram ângulos de contato maiores do que aqueles observados em filmes produzidos com amido não modificado ^{47,48}. Esses estudos têm demonstrado que o uso de amidos quimicamente modificados ou a adição de outro polímero na matriz hidrofóbica pode aumentar o ângulo de contato, ou seja, a hidrofobicidade dos filmes produzidos ⁴¹.

3.3 MICROSCOPIA ELETRÔNICA DE VARREDURA (MEV)

Na figura 1 são mostradas as imagens de micrografia da superfície e da fratura das amostras de FAM.

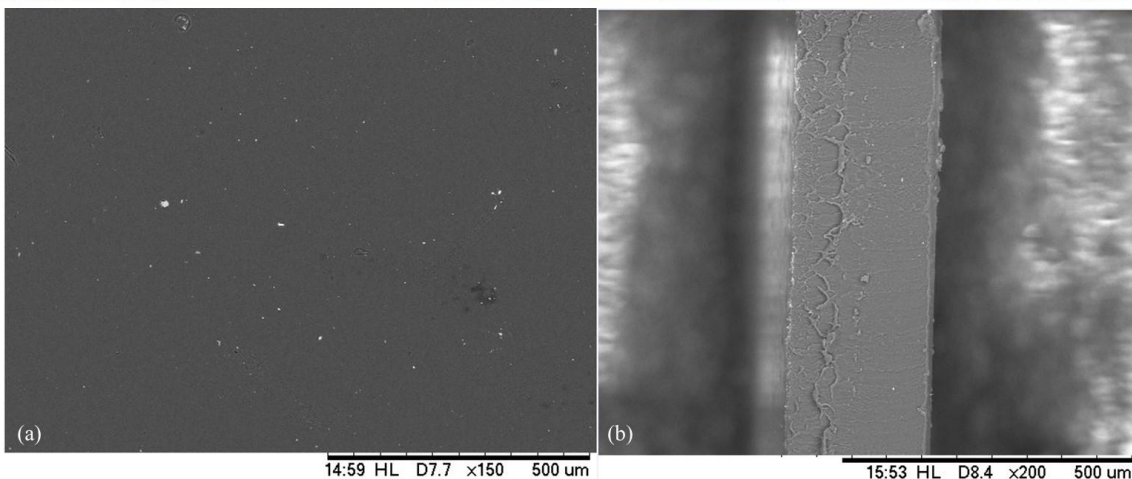


FIGURA 1 Imagens obtidas por MEV da superfície (a) e da fratura (b), respectivamente da amostra FAM-60.
Fonte: autor.

Pode ser observado a partir da Figura 1 (a) e (b) que o FAM se mostrou bem homogêneo, não somente na superfície, mas também pela imagem da seção transversal (fratura). A ausência de canais ou fissuras nos filmes, assim como a uniformidade nos valores da espessura confirmam que a metodologia empregada, assim como as condições de secagem favoreceram a produção de filmes poliméricos homogêneos. Na Figura 1 (a) pequenos fragmentos dispersos são observados, em um zoom de resolução maior de 2500 vezes, as imagens mostraram que essas partículas têm tamanho da ordem de 2-15 μm . Esses fragmentos possivelmente fazem parte do amido não gelatinizado, apresentando-se como partículas dispersas na matriz polimérica, embora os ensaios mecânicos e de barreira ao vapor d'água tenham apresentado excelentes valores em relação à literatura, a minimização desses grânulos de amido não gelatinizado é desejável, uma vez que essas micropartículas podem gerar pontos de tensão na matriz e desestabilizá-los gerando trincas e micropartículas, entre outras possibilidades.

3.4 BIODEGRADABILIDADE DO FAM EM SOLO

FAM-55, FAM-60 e filme comercial de PP foram submetidos ao enterramento em solo para as análises de biodegradabilidade (Figura 2). As condições de T_s utilizadas para a produção dos FAM não mostraram influência nos resultados de biodegradabilidade. No 3º dia de exposição, FAM-55 e FAM-60 já se apresentavam em processo de degradação e no 12º dia aproximadamente 65% da massa dos filmes já havia sido incorporada ao ambiente, confirmando a rápida taxa de reação do processo e a susceptibilidade da estrutura polimérica à degradação, como observado por Medina-Jaramillo *et al.*²⁵ e Assis *et al.*²⁹. No mesmo período, o filme de PP comercial permaneceu quase intacto nas mesmas condições experimentais, apresentando pequenas alterações de cor devido ao contato com o aço utilizado como material de suporte. A resistência à transferência de vapor d'água demonstrada a partir dos resultados de

PVA do FAM não está relacionada a mudanças estruturais que possam tornar esses filmes menos disponíveis à ação de microrganismos e outros elementos presentes no solo. Esses resultados estão de acordo com a proposta deste estudo, que era entender como as estruturas poliméricas naturais podem atender às características necessárias para serem utilizadas como material de embalagem de alimentos no futuro e, quando descartadas, podem ser absorvidas pelo solo sem causar danos ambientais.

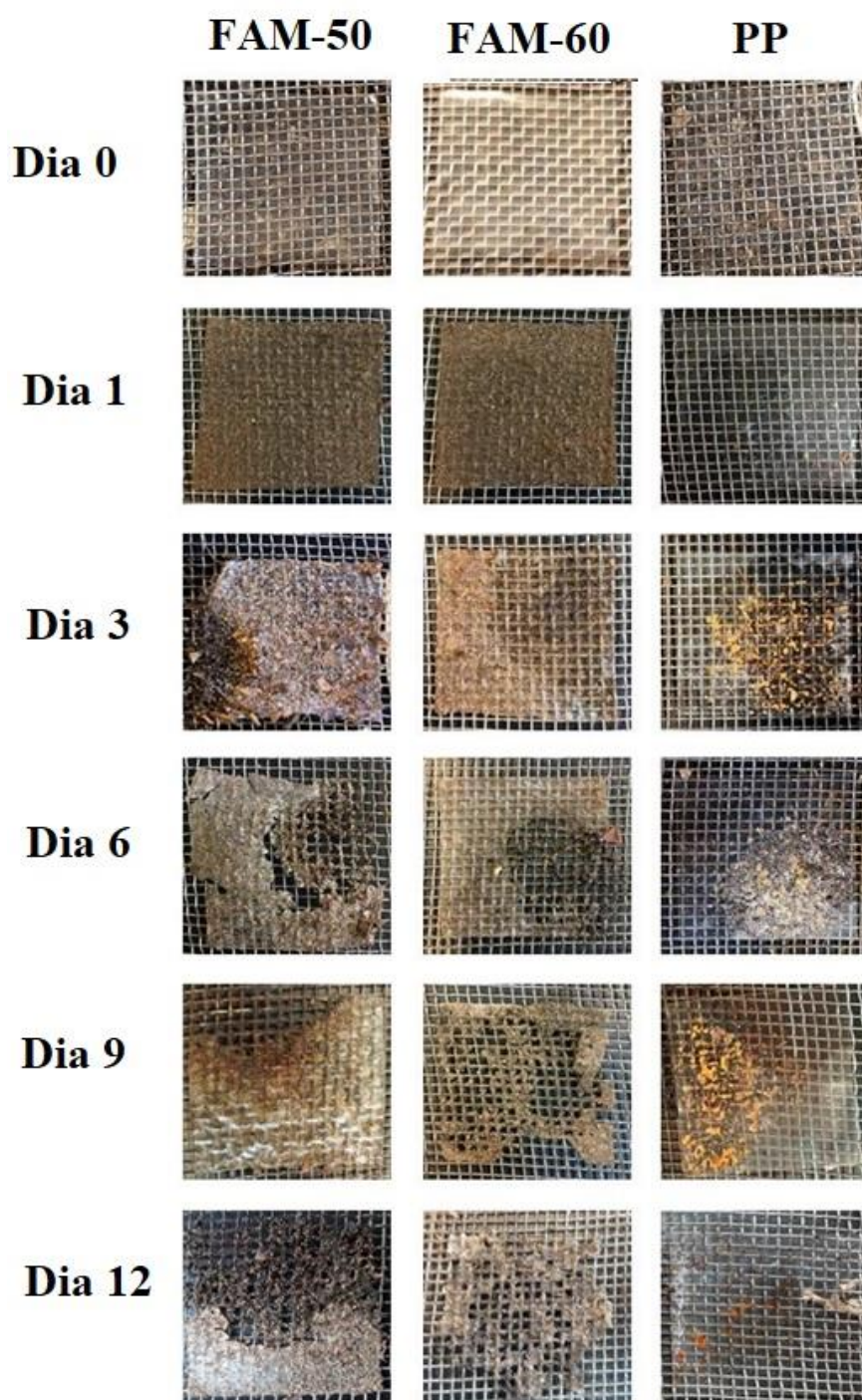


FIGURA 2 Biodegradabilidade dos filmes: FAM-55, FAM-60 e filme comercial PP após 12 dias de aterramento. Fonte: autor.



4. CONCLUSÕES


Filmes biodegradáveis à base de amido de mandioca foram obtidos com sucesso via *casting* com condições de secagem otimizadas. FAM-55 e FAM-60 geraram os melhores resultados para a resistência máxima à tração e foram aqueles próximos à temperatura de transição vítrea do amido de mandioca (T_G). O uso de T_s próximo a T_G deve ter influenciado na obtenção de uma matriz coesa, promovendo ótimos resultados de resistência à tensão e melhores resultados de propriedade de barreira, quando comparado com a literatura. As condições de secagem e a metodologia adotada para a produção dos filmes contribuíram para a uniformidade da espessura, minimizando qualquer influência dessa variável nos resultados de propriedades mecânicas sendo inclusive os dados comparados ao filme comercial de PEBD. Nas imagens obtidas por MEV foi observado que os FAM mostraram-se homogêneos, não somente na superfície, mas também na área de seção transversal. Valores de PVA foram significativamente menores, quando comparado com a literatura, e a comparação entre os resultados dos FAM e filme comercial de PP mostrou que a permeabilidade dos filmes de amido de mandioca são vinte vezes maior. Os resultados de ângulo de contato mostraram alta hidrofobicidade, demonstrando a necessidade de reavaliar a formulação, caso o objetivo seja a obtenção de filmes hidrofóbicos. Durante 12 dias, os FAM foram submetidos ao processo de degradação em ambiente natural e os resultados mostraram rápida biodegradabilidade. Esses resultados são relevantes para a escolha das melhores condições de processo e servirá de base para uma nova fase do estudo que é a melhoria das propriedades mecânicas de filmes com a incorporação de nanomateriais à matriz polimérica. Considerando o crescente interesse em utilizar materiais biodegradáveis oriundos de fontes renováveis em vez dos derivados do petróleo, os filmes à base de amido têm um enorme potencial para uso em embalagens de alimentos.

AGRADECIMENTOS


Os autores gostariam de agradecer as valiosas contribuições de Matheus Alencar, Allyne Bezerra, Evandro Montenegro e Prof. Dr Fernando Ribeiro Oliveira (*in memoriam*) durante a execução desse trabalho.

REFERÊNCIAS

1. Shahabi-Ghahfarrokhi I, Goudarzi V, Babaei-Ghazvini A, Production of starch based biopolymer by green photochemical reaction at different UV region as a food packaging material: Physicochemical characterization, *Int J Biol Macromol* 2019; 122: 201–209.

- 
2. Dehghani S, Hosseini SV, Regenstein JM, Edible films and coatings in seafood preservation: A review, *Food Chem* 2018; 240: 505–513.
 3. Manrich A, Moreira FKV, Otoni CG, et al, Hydrophobic edible films made up of tomato cutin and pectin, *Carbohydr Polym* 2017; 164: 83–91.
 4. Singh P, Magalhães S, Alves L, et al, Cellulose-based edible films for probiotic entrapment, *Food Hydrocoll* 2019; 88: 68–74.
 5. Nešić A, Onjia A, Davidović S, et al, Design of pectin-sodium alginate based films for potential healthcare application: Study of chemico-physical interactions between the components of films and assessment of their antimicrobial activity, *Carbohydr Polym* 2017; 157: 981–990.
 6. Torres-León C, Vicente AA, Flores-López ML, et al, Edible films and coatings based on mango (var, Ataulfo) by-products to improve gas transfer rate of peach, *Lwt* 2018; 97: 624–631.
 7. Ghosh A, Gupta T, Swaminathan J, et al, Mechanical and anti-pathogenic characterization of starch-based materials, *Polym Test* 2015; 43: 78–82.
 8. Pelissari FM, Ferreira DC, Louzada LB, et al, *Starch-based edible films and coatings: An eco-friendly alternative for food packaging*, Epub ahead of print 2019, DOI: 10.1201/b11848.
 9. Shaikh M, Haider S, Ali TM, et al, Physical, thermal, mechanical and barrier properties of pearl millet starch films as affected by levels of acetylation and hydroxypropylation, *Int J Biol Macromol* 2019; 124: 209–219.
 10. Ogunsona E, Ojogbo E, Mekonnen T, Advanced material applications of starch and its derivatives, *Eur Polym J* 2018; 108: 570–581.
 11. Tappiban P, Smith DR, Triwitayakorn K, et al, Recent understanding of starch biosynthesis in cassava for quality improvement: A review, *Trends Food Sci Technol* 2018; 83: 167–180.
 12. Silva ÍRC, Cardoso R de CV, Góes JÂW, et al, Food safety in cassava “flour houses” of Copioba Valley, Bahia, Brazil: Diagnosis and contribution to geographical indication, *Food Control* 2017; 72: 97–104.
 13. Hsieh C, Liu W, Whaley JK, et al, Structure, properties, and potential applications of waxy tapioca starches – A review, *Trends Food Sci Technol* 2019; 83: 225–234.
 14. Nogueira GF, Soares CT, Cavasini R, et al, Bioactive films of arrowroot starch and blackberry pulp: Physical, mechanical and barrier properties and stability to pH and sterilization, *Food Chem* 2019; 275: 417–425.
 15. Maniglia BC, Tessaro L, Ramos AP, et al, Which plasticizer is suitable for films based on babassu starch isolated by different methods? *Food Hydrocoll* 2019; 89: 143–152.
 16. Weerapoprasit C, Prachayawarakorn J, Characterization and properties of biodegradable thermoplastic grafted starch films by different contents of methacrylic acid, *Int*

17. Marcon MJA, Avancini SRP, Amante ER, *Propriedade Químicas e Tecnológicas do Amido de Mandioca e do Polvilho Azedo*, 1st ed, Florianópolis: Editora da UFSC, 2007.
18. Mali S, Grossmann MVE, Yamashita F, Filmes de amido: produção, propriedades e potencial de utilização Starch films: production, properties and potential of utilization, *Semin Ciências Agrárias* 2010; 31: 137–156.
19. Basiak E, Lenart A, Debeaufort F, Effect of starch type on the physico-chemical properties of edible films, *Int J Biol Macromol* 2017; 98: 348–356.
20. Basiak E, Linke M, Debeaufort F, et al, Dynamic behaviour of starch-based coatings on fruit surfaces, *Postharvest Biol Technol* 2019; 147: 166–173.
21. ASTM, ASTM D882-02, Standard Test Method for Tensile Properties of Thin Plastic Sheeting, 2002; 1–10.
22. Hosseini MH, Razavi SH, Mousavi MA, Antimicrobial, physical and mechanical properties of chitosan-based films incorporated with thyme, clove and cinnamon essential oils, *J Food Process Preserv* 2009; 33: 727–743.
23. ASTM, ASTM E96 / E96M-16, Standard Test Methods for Water Vapor Transmission of Materials, 2016; 1–14.
24. Nascimento AEG, Barros Neto EL, Moura MCPA, et al, Wettability of paraffin surfaces by nonionic surfactants: Evaluation of surface roughness and nonylphenol ethoxylation degree, *Colloids Surfaces A Physicochem Eng Asp* 2015; 480: 376–383.
25. Medina-Jaramillo C, Ochoa-Yepes O, Bernal C, et al, Active and smart biodegradable packaging based on starch and natural extracts, *Carbohydr Polym* 2017; 176: 187–194.
26. Sarantópoulos CIGL, Oliveira LM, Padula M, et al, Caracterização dimensional/ física/ química, In: SARANTÓPOLUS CIGL, OLIVEIRA LM, PADULA M, et al, (eds) *Embalagens plásticas flexíveis: principais polímeros e avaliação de propriedades*, Campinas, SP: CETEA/ITAL, 2002, p, 70.
27. Jansson A, Thuvander F, Influence of thickness on the mechanical properties for starch films, *Carbohydr Polym* 2004; 56: 499–503.
28. Luchese CL, Spada JC, Tessaro IC, Starch content affects physicochemical properties of corn and cassava starch-based films, *Ind Crops Prod* 2017; 109: 619–626.
29. Assis RQ, Lopes SM, Costa TMH, et al, Active biodegradable cassava starch films incorporated lycopene nanocapsules, *Ind Crops Prod* 2017; 109: 818–827.
30. Matta Jr MD da, Sarmiento SBS, Sarantópoulos CIGL, et al, Propriedades de barreira e solubilidade de filmes de amido de ervilha associado com goma xantana e glicerol, *Polímeros* 2011; 21: 67–72.
31. Suderman N, Isa MIN, Sarbon NM, The effect of plasticizers on the functional properties of biodegradable gelatin-based film: A review, *Food Biosci* 2018; 24: 111–119.

- 
32. Caetano K dos S, Almeida Lopes N, Haas Costa TM, et al, Characterization of active biodegradable films based on cassava starch and natural compounds, *Food Packag Shelf Life* 2018; 16: 138–147.
 33. Kaisangsri N, Kerdchoechuen O, Laohakunjit N, Biodegradable foam tray from cassava starch blended with natural fiber and chitosan, *Ind Crops Prod* 2012; 37: 542–546.
 34. Mendes JF, Paschoalin RT, Carmona VB, et al, Biodegradable polymer blends based on corn starch and thermoplastic chitosan processed by extrusion, *Carbohydr Polym* 2016; 137: 452–458.
 35. Souza AC, Benze R, Ferrão ES, et al, Cassava starch biodegradable films: Influence of glycerol and clay nanoparticles content on tensile and barrier properties and glass transition temperature, *LWT - Food Sci Technol* 2012; 46: 110–117.
 36. Nouraddini M, Esmaili M, Mohtarami F, Development and characterization of edible films based on eggplant flour and corn starch, *Int J Biol Macromol* 2018; 120: 1639–1645.
 37. Reis LCB, de Souza CO, da Silva JBA, et al, Active biocomposites of cassava starch: The effect of yerba mate extract and mango pulp as antioxidant additives on the properties and the stability of a packaged product, *Food Bioprod Process* 2015; 94: 382–391.
 38. Jaramillo CM, González Seligra P, Goyanes S, et al, Biofilms based on cassava starch containing extract of yerba mate as antioxidant and plasticizer, *Starch/Staerke* 2015; 67: 780–789.
 39. Salazar ASS, Cavazos PAS, Paz HM, et al, External factors and nanoparticles effect on water vapor permeability of pectin-based films, *J Food Eng* 2019; 245: 73–79.
 40. Vogler EA, Structure and reactivity of water at biomaterial surfaces, *Advances in Colloid and Interface Science* 1998; 74: 69–117.
 41. Colivet J, Carvalho RA, Hydrophilicity and physicochemical properties of chemically modified cassava starch films, *Ind Crops Prod* 2017; 95: 599–607.
 42. Long J, Chen P, Surface Characterization of Hydrosilylated Polypropylene: Contact Angle Measurement and Atomic Force Microscopy, *Langmuir* 2001; 17: 2965–2972.
 43. Zitzenbacher G, Dirnberger H, Längauer M, et al, Calculation of the Contact Angle of Polymer Melts on Tool Surfaces from Viscosity Parameters, *Polymers (Basel)* 2017; 10: 38.
 44. Sellin N, Campos JS de C, Surface composition analysis of PP films treated by corona discharge, *Mater Res* 2003; 6: 163–166.
 45. Medeiros E, Brandes R, Al-Qureshi hazim A, et al, Surface energy modification for coating adhesion improvement on polypropylene, *Int J Surf Sci Eng* 2018; 12: 277–292.
 46. Białopiotrowicz T, Wettability of starch gel films, *Food Hydrocoll* 2003; 17: 141–147.
 47. Kontturi KS, Holappa S, Kontturi E, et al, Arrangements of cationic starch of varying hydrophobicity on hydrophilic and hydrophobic surfaces, *J Colloid Interface Sci* 2009; 336: 21–29.



48. Isotton FS, Bernardo GL, Baldasso C, et al, The plasticizer effect on preparation and properties of etherified corn starchs films, *Ind Crops Prod* 2015; 76: 717–724.



CAPÍTULO 27

A MINHOCA COMO BIOINDICADOR AMBIENTAL

DOI: 10.47402/ed.ep.c202154027097

Louise Vargas Ribeiro, Doutora em Agronomia, UFPel

Daiana Kaster Garcez, Doutoranda em Biologia de Ambientes Aquáticos Continentais,
FURG

Eduarda Medran Rangel, Doutora em Ciência e Engenharia de Materiais, UFPel, Professora
de Ciências, Prefeitura de Rio Grande


Estela Fernandes e Silva, Doutora em Ciências Fisiológicas, FURG, Professora de Ciências,
Prefeitura de Pelotas e Rio Grande

Karine Laste Macagnan, Doutora em Biotecnologia, UFPel

Tainã Figueiredo Cardoso, Doutora em Produção Animal, Universidade Autônoma de
Barcelona

RESUMO

A poluição do solo tem gerado inúmeras preocupações devido às diversas fontes de contaminantes, tais como: hidrocarbonetos aromáticos policíclicos (HPAs), petróleo e seus derivados, agrotóxicos, clorofenóis e metais pesados, sendo uma ameaça direta para a saúde humana e para o ecossistema natural. Dentre os principais organismos afetados por estes contaminantes estão as minhocas. Tradicionalmente, as minhocas são consideradas um dos bioindicadores mais utilizados para avaliar a sustentabilidade do uso do solo. Esse papel de bioindicador relaciona-se à capacidade desses organismos de participarem na formação e manutenção do solo, principalmente por seu trabalho na fragmentação, no consumo e mistura de matéria orgânica. Além disso, as minhocas são capazes de não somente agirem sobre seu ambiente, mas também de reagir (ou ser sensíveis) às características e mudanças do ambiente em que estão inseridas, tornando-se úteis para indicar tanto o *status-quo* ambiental, quanto os níveis de perturbação ambiental, da qualidade e potencial produtivo do solo e dos níveis de contaminação. Desta forma, o objetivo deste trabalho foi abordar estudos sobre diferentes aplicações das minhocas como bioindicador ambiental. Foi realizada uma pesquisa com levantamento bibliográfico em revistas *on-line* e publicações científicas que abordaram sobre o tema. Considerando-se a correta seleção dos biomarcadores em minhocas, esses animais podem ser úteis na determinação de toxicidade por metais e agrotóxicos na replicação e danos ao DNA. Do mesmo modo, as minhocas podem ser utilizadas como bioindicadores da qualidade e potencial produtivo do solo, pois são fundamentais em diferentes processos considerados cruciais para a manutenção da fertilidade e qualidade dos solos de agroecossistemas e ecossistemas naturais. Além de bioindicadores ambientais, as minhocas podem ser utilizadas como mecanismos de biorremediação ambiental. As minhocas são úteis na biorremediação de solos contaminados por metais pesados, reduzindo a disponibilidade dessas moléculas. Apesar de todas as vantagens de se utilizar esses organismos como bioindicadores da qualidade e contaminação do solo, as minhocas não são afetadas por todos os metais, como, por exemplo, o níquel, e também os métodos utilizados nos estudos não são totalmente padronizados. Contudo, devido ao avanço da globalização, do consumismo e da produção em massa, o meio ambiente tem sido cada vez mais afetado, sendo extremamente necessário a utilização de meios



não poluentes para conhecer as condições ambientais. O bioindicador é algo muito positivo, pois um organismo vivo pode mostrar como os demais podem estar sendo afetados também. Assim, estimula-se a continuidade dos estudos para o desenvolvimento de métodos mais amplos de biomonitoramento utilizando minhocas para avaliar a qualidade e poluição do solo.


PALAVRAS-CHAVES: Metais, Agrotóxicos, Genotoxicidade, Qualidade do solo, Contaminação do solo.

INTRODUÇÃO

A poluição do solo tem gerado preocupações devido às diversas fontes e tipos de contaminantes, tais como: hidrocarbonetos aromáticos policíclicos (HPAs), petróleo e seus derivados, agrotóxicos, clorofenóis e metais pesados, tornando-se uma ameaça direta para a saúde humana e para o ecossistema natural (CHEN et al., 2015).

Dentre os principais organismos afetados pelos contaminantes ambientais estão as minhocas. Estas fazem parte da classe Oligochaeta e do filo Annelida com dimensão podendo variar de dois centímetros a mais de um metro (BILEJ et al., 2010). São seres protostômios com celoma verdadeiro. A cavidade celômica apresenta metameria com segmentos separados por septos transversais, sendo cada segmento aberto para o ambiente externo por um par de nefrídios e por um poro dorsal. Estima-se, que no mundo existem aproximadamente 8300 espécies de minhocas (STEFFEN et al., 2013), sendo que, dentre essas espécies, ocorrem indivíduos adaptados a uma ampla variedade de *habitats* no solo e na água doce (REYNOLDS; WETZEL, 2004). Ao se considerar os *habitats* no solo, esses animais podem ser encontrados no estrume, sob pedras e troncos, e em algumas áreas áridas (apesar da maioria das espécies preferir regiões mais úmidas e com vegetação mais densa) (RUPPERT; BARNES, 1996).

Tradicionalmente, as minhocas são consideradas um dos bioindicadores mais utilizados para avaliar a sustentabilidade do uso do solo (FUSARO et al., 2018). Esse papel de bioindicador relaciona-se à participação das minhocas na formação e manutenção do solo, principalmente por seu trabalho na fragmentação de matéria orgânica (o que facilita a decomposição pelos micro-organismos), no consumo de matéria orgânica, e na mistura dos compostos orgânicos com as partículas minerais do solo para formar agregados estáveis em água (EDWARDS, 2004), sendo a capacidade de bioacumulação das minhocas um aspecto essencial para o biomonitoramento (ZHANG; ZHENG, 2009). As minhocas podem indicar a qualidade do solo por: (1) a abundância e composição de espécies da fauna de minhocas em um determinado local; (2) o comportamento de minhocas individualmente em contato com um substrato (preferência/evitação/atividade); (3) o acúmulo de substâncias químicas do solo para



o corpo; e (4) os biomarcadores bioquímicos/citológicos de estresse na minhoca (FRÜND et al., 2011).

As espécies *Eisenia fetida* (Savigny, 1826, *E. fetida*) e *Eisenia andrei* (Bouché, 1972, *E. andrei*) são as mais utilizadas para estudos ecotoxicológicos, sendo reconhecidas como um bioindicador útil em testes de toxicidade química do solo (BRULLE et al., 2006).

Além disso, estas espécies são consideradas espécies de referência para testes de toxicidade devido ao seu fácil cultivo em laboratório, ao seu desenvolvimento em poucas semanas e à sua alta taxa reprodutiva (OECD, 1984, 2004, 2015; ISO, 1993).

Nesse sentido, considerando que as minhocas são capazes de não somente agirem sobre seu ambiente, mas também de reagir (ou ser sensíveis) às características e mudanças do ambiente na qual estão inseridas, estes animais podem ser úteis para indicar o *status-quo* ambiental tornando-se bioindicadoras de perturbação ambiental, da qualidade e potencial produtivo do solo e dos níveis de contaminação, por exemplo. Desta forma, o objetivo deste trabalho foi abordar estudos sobre diferentes aplicações das minhocas como bioindicador ambiental.


MATERIAIS E MÉTODOS

Para identificar os estudos que abordavam o tema, foi realizada uma pesquisa com levantamento bibliográfico em revistas *on-line* e publicações científicas que abordaram sobre o tema em diferentes bases de dados eletrônicas (*i.e.* PUBMED e SCIELO). As buscas não foram limitadas por língua ou data de publicação. A última busca foi realizada em março de 2021.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

USO DE MINHOCAS COMO BIOINDICADORES DE METAIS


O cádmio (Cd) é conhecido por afetar as minhocas em termos de bioacumulação (STÜRZENBAUM et al., 2004), podendo gerar uma ligeira diminuição no peso (BURGOS et al., 2009), bem como danos oxidativos ao DNA (NAKASHIMA et al., 2008). Alguns testes de simulação em solo artificial foram conduzidos por Ning et al. (2018) para estudar a resposta ao estresse oxidativo em diferentes partes de *Eisenia fetida* sob estresse de Cd. A análise fatorial e o processo de hierarquia analítica foram usados para estabelecer um modelo matemático abrangente para rastrear os principais índices de monitoramento do sistema de alerta precoce de solo contaminado com Cd. Os autores definiram dois grupos experimentais: o grupo de curto



prazo (10 dias) e o grupo de longo prazo (30 dias) de exposição ao Cd em diferentes concentrações. Solução de gradiente de 0,50, 100, 125, 250 e 500 mg.kg⁻¹ Cd²⁺ foram usados em cada grupo de teste e posteriormente foram determinados os índices de estresse oxidativo. Os resultados mostraram que durante o estresse de curto prazo a proteína total (PT) nos tecidos da cabeça da minhoca foi o principal índice de monitoramento para 3-4 e 8-9 dias de estresse de Cd. Além disso, a PT nos tecidos da cauda foi o índice chave para 2, 4, 6 e 8-10 dias de estresse (NING et al., 2018). Este estudo combinou as vantagens da análise fatorial e processo de hierarquia analítica para estabelecer pela primeira vez um modelo de triagem de biomarcador que fornece uma base teórica para o rápido, preciso, baixo custo e científico do monitoramento do risco ecológico de solos contaminados por metais e estabelece uma base para a aplicação do modelo de triagem para outros indicadores ecológicos.

Ainda sobre o Cd, Stürzenbaum et al. (2004) demonstraram que a minhoca possui a capacidade intrínseca de sequestrar e compartimentar o Cd através de metalotioneínas (MTs). As MTs são proteínas catiônicas ricas em cisteína, que desempenham um papel crítico em processos de detoxificação para prevenir a toxicidade do metal. Nesse contexto, duas isoformas de MTs (MT1 e MT2) foram identificadas nas minhocas (STÜRZENBAUM et al., 1998), e podem ser consideradas importantes biomarcadores em estudos ecotoxicológicos (HIRANO; TAMAE, 2011). Estudos demonstram a implicação de um aumento de expressão da isoforma MT2 em minhocas expostas ao cádmio (STÜRZENBAUM et al., 2001).

O mercúrio (Hg) pode ser liberado no meio ambiente por vários processos naturais e industriais e sabendo do potencial dessas descargas no meio ambiente, os bioindicadores desempenham um papel importante na identificação dos fatores que controlam a toxicidade e a biodisponibilidade do Hg e podem ser utilizados para avaliar situações de risco. O metilmercúrio (MeHg) pode ser mais facilmente absorvido e acumulado nas minhocas (ZHANG; ZHENG, 2009), sugerindo que esse animal seria um candidato ideal para monitoramento deste composto (HIRANO; TAMAE, 2011). Uma metodologia usando a minhoca *Eisenia fetida* foi desenvolvida por Hinton e Veiga (2002) para avaliar a biodisponibilidade de Hg em rejeitos de minas e soluções aquosas. Os resultados indicam que *E. fetida* acumulam Hg e existe uma correlação positiva entre as concentrações deste metal nos tecidos do animal, o substrato que consomem e a duração da exposição. A relação MeHg: Hg total foi até 160 vezes maior nos tecidos dos animais do que a solução de ácido tânico-Hg e o substrato. Este resultado é particularmente significativo em sistemas ricos em orgânicos, onde




os ácidos orgânicos de ocorrência natural podem estar facilitando a metilação dentro do trato digestivo dos organismos (HINTON; VEIGA, 2002).

Em relação ao solo contaminado com urânio natural e empobrecido (subproduto do processo do enriquecimento da forma natural), verificou-se que este metal não mostrou efeitos sobre mortalidade ou redução de peso nas minhocas (*E. fetida*) estudadas. Porém, verificou-se efeitos citotóxicos e genéticos em concentrações de urânio natural bastante baixas (GIOVANETTI et al., 2010). Outra importante análise em estudos toxicológicos relacionando minhocas e metais diz respeito às variáveis reprodutivas. Nahmani et al. (2007) sugeriu que certos parâmetros como, a produção do casulo e a taxa de eclosão para *E. fetida* foram mais sensíveis à poluição por metais em comparação a variáveis como as de sobrevivência ou efeitos sobre o peso.

Apesar da utilidade da minhoca como bioindicador de toxicologia para metais, é necessário considerar que esse animal não é útil como bioindicador para todas as substâncias químicas do solo. Nesse sentido, o níquel (Ni), por exemplo, não se acumula na minhoca e não tem efeito sobre o crescimento destes organismos (NAKASHIMA et al., 2008). Além disso, outra limitação foi mencionada por Lee et al. (2009), na qual demonstraram que a bioacumulação de metais por minhocas pode ser usada como um indicador ecológico da disponibilidade de metal. Contudo, a poluição por metais pode não ter nenhum efeito nas comunidades de minhocas (VAN GESTEL et al., 2009).

Outro fator a se considerar para otimização dos estudos e, conseqüentemente, para reduzir as limitações seria a avaliação da toxicidade de misturas em vez de compostos isolados. Nesse contexto, Natal-da-Luz et al. (2011) investigaram os efeitos da lama contaminada com cromo (Cr), cobre (Cu), níquel (Ni) e zinco (Zn) e solos enriquecidos com a mesma mistura de metais, em *E. andrei*. Os autores verificaram uma redução na biodisponibilidade do metal, em função do alto teor de matéria orgânica do lodo. Além disso, os efeitos da mistura de Cd e Zn na mortalidade de *Aporrectodea caliginosa* eram antagônicos, e a magnitude do antagonismo era dependente da concentração de ambos os metais, bem como de suas magnitudes de concentração (QIU et al., 2011).

Segundo Idera et al. (2015), a quantidade de metais acumulados nos tecidos das minhocas é parcialmente dependente da concentração absoluta de metal dentro do solo e suas interações físico-químicas, sendo o pH um dos fatores importantes para biodisponibilidade de



metais pesados no solo. Assim, a presença de minhocas pode alterar o pH do solo, influenciando assim na biodisponibilidade de metais pesados (BAWA, 2016).


USO DE MINHOCAS COMO BIOINDICADORES DE GENOTOXIDADE

A genotoxicidade é um aspecto fundamental em estudos toxicológicos, pois os indicadores de genotoxicidade possibilitam a análise de efeitos tóxicos sobre o material genético através da avaliação de mutação gênica, dano cromossômico ou lesão no DNA (RIBEIRO et al., 2003; COLLINS; AZQUETA, 2012; HAYS et al., 2012; MORO et al., 2013). Bonnard et al. (2009) indicaram efeitos genotóxicos de um solo contaminado por resíduos industriais em *E. fetida* usando o ensaio do cometa (técnica utilizada para verificar danos em nível de DNA). Embora existam estudos sugerindo a utilidade de medir danos ao DNA em estudos toxicológicos, ainda são poucos os estudos utilizando essa estratégia em minhocas (NAKASHIMA et al., 2008; LI et al., 2009). Nesse contexto, Nakashima et al. (2008) avaliaram o acúmulo de 8-oxo-Guanina (8-oxo-Gua) no DNA de *E. fetida* exposta a metais (Cádmio e Níquel). Avaliar a 8-oxo-Gua é válido, uma vez que a guanina é a base nitrogenada do DNA mais vulnerável à oxidação (em função do seu baixo potencial redox) e a formação de 8-oxoguanina (8-oxoG) após exposição a agentes tóxicos é a lesão mais abundante que se forma (NAKASHIMA et al., 2008). Observou-se o acúmulo de 8-oxo-Gua nas camadas epiteliais do intestino desses animais. Além disso, houve acúmulo desse composto nas vesículas seminais de *E. fetida* tratada com 10 µg de Cd em 3 meses, devido provavelmente ao fato desse tecido ser MT – deficiente, o que compromete a detoxificação (NAKASHIMA et al., 2008).

Além disso, da Silva Júnior et al. (2019) verificaram que minhocas *E. andrei* expostas a solos urbanos apresentaram níveis mais elevados de danos ao DNA, quando analisaram através de ensaio de eletroforese em gel de célula única (SCGE) a genotoxicidade em celomócitos de minhocas em amostras de solo urbano em comparação com amostras de solo de áreas protegidas. Os autores também encontraram relação entre % DNA (ensaio SCGE) e níveis de arsênio e zinco. Por fim, os níveis de cobre, chumbo e zinco em amostras de solo urbano ultrapassaram os limites dos valores legais no Brasil.

USO DE MINHOCAS COMO BIOINDICADORES DE AGROTÓXICOS

O uso intensivo de agrotóxicos tem aumentado nas últimas décadas, o que contribui para a contaminação do solo (KAVITHA et al., 2020). Edwards e Bohlen (1992) relataram que as minhocas são altamente suscetíveis a inseticidas, portanto, tornam-se bons modelos para avaliações toxicológicas. Existem certas famílias de agrotóxicos conhecidas por afetarem as



minhocas, como por exemplo: neonicotinóides, estrobilurinas, sulfonilureias, triazóis, carbamatos e organofosfatos (PELOSI et al., 2014). Agrotóxicos podem afetar *E. fetida* causando alterações no seu crescimento, sua reprodução (produção do casulo, número de filhotes por casulo e período de incubação) de forma dependente da dose (YASMIN; D'SOUZA, 2010).

Herbicidas, pesticidas, inseticidas e fungicidas costumam ter um efeito negativo na sobrevivência e reprodução das minhocas, especialmente em altas concentrações ($> 25\text{mg.kg}^{-1}$). Contudo, os efeitos de pesticidas e inseticidas em minhocas no solo dependem das espécies de minhocas, tipo de contaminante e da sua concentração, além de outras variáveis como as características do solo (RODRIGUEZ-CAMPOS et al., 2014).

Lister et al. (2011) avaliaram os efeitos da mistura de um metal com um pesticida, sendo esses o Ni e o clorpirifós (um organofosforado inseticida), respectivamente. O estudo foi conduzido em minhocas *Lumbricidae* e revelou que ambos os produtos químicos foram rapidamente acumulados. Embora a absorção de Ni tenha seguido o mesmo padrão dos produtos químicos individuais, as taxas de absorção e eliminação de clorpirifós foi mais rápida, sugerindo que uma mistura de produtos químicos no solo pode aumentar a toxicidade para os organismos (LISTER et al., 2011).

Em ensaio ecotoxicológico crônico com *E. fetida* em solo contaminado com glifosato nas concentrações de 0, 10, 100, 500 e 1000 mg.Kg^{-1} , Correia e Moreira (2010) verificaram que não houve mortalidade, no entanto, demonstraram efeitos tóxicos no desenvolvimento e na reprodução dos organismos, até na menor dose testada. Stellin et al. (2018) também observaram efeitos na reprodução de *Lumbricus terrestris* e *Aporrectodea caliginosa*.

Buch et al. (2013) relataram a toxicidade de três pesticidas, carbendazim ($1-100\text{ mg. Kg}^{-1}$), carbofurano ($25-32\text{mg. Kg}^{-1}$) e glifosato ($7-47\text{mg.Kg}^{-1}$) em *E. andrei* e *Pontoscolex corethrurus*. Os autores observaram uma alta mortalidade (70-90%) nas concentrações mais altas de carbendazim e carbofuran, mas nenhum efeito negativo foi observado com o glifosato. Porém, verificaram que minhocas evitaram solos contaminados com o glifosato em concentração de 30 mg de ingrediente ativo (i.a) (BUCH et al., 2013). Enquanto que utilizando o inseticida Monocrotofós. Abbiramy et al. (2018) observaram alterações morfológicas em *E. fetida*, como perda de segmentos, necrose, lesões, inflamações e separação de partes posteriores do corpo destes organismos.




USO DE MINHOCAS COMO BIOINDICADORES DA QUALIDADE E POTENCIAL PRODUTIVO DO SOLO

As minhocas estão entre os principais organismos edáficos, sendo consideradas fundamentais para diferentes processos considerados cruciais para a manutenção da fertilidade e qualidade dos solos de agroecossistemas e ecossistemas naturais (LAVELLE et al., 2001).

Estudos de monitoramento ambiental relataram características de habitat e requisitos de propriedades do solo preferenciais de diferentes espécies de minhocas. Römcke et al. (2005) estabeleceram valores padrões esperados para as 15 espécies diferentes minhocas com relação a 5 propriedades do solo (textura do solo, valor de pH, umidade, razão Carbono/Nitrogênio e matéria orgânica). E partir disso, eles atribuíram “espécies principais” e “espécies possíveis” a 28 tipos de locais diferentes. Graefe (1997, 2005) investigou os anelídeos (minhocas e enquitreídeos) em 60 locais de monitoramento de solo incluindo terras aráveis, pastagens e florestas, adotando diferentes abordagens para bioindicação de qualidade de solo. Estes autores sugeriam que uma ênfase especial aos traços funcionais das espécies de minhocas (anécica, endógena, epigéica) para o monitoramento ambiental.

Rousseau et al. (2010) caracterizaram as comunidades de minhocas, formigas e outros artrópodes do solo em florestas secundárias de 40 e 20 anos de idade e em sistemas de cultivo e pastagens preparadas de diferentes formas para plantio na Amazônia Oriental brasileira, com o objetivo de investigar o impacto do desmatamento sobre a biodiversidade do solo. Estes autores identificaram uma melhor saúde do solo em plantações de manejo alternativo de corte e plantio, seguido pela floresta de 40 anos. Esses resultados confirmaram o papel fundamental das antigas florestas secundárias para a conservação da biodiversidade do solo e o potencial da técnica de manejo alternativo de corte e plantio para mitigar os efeitos das mudanças no uso da terra.


O aumento nas populações e atividade das minhocas é geralmente associado a melhorias na fertilidade do solo, na produção de grãos e na sustentabilidade agrícola. Contudo, a presença de determinadas populações de minhocas pode tornar-se indesejada. Por exemplo, em diversas partes do mundo, incluindo no Brasil, já foi relatado em plantações de arroz irrigado, uma explosão demográfica das minhocas cuja atividade leva a uma bioturbação do solo, enfraquece o sistema radicular, causando tombamento das plantas e dificultando a colheita (BARRIGOSI et al., 2009; STEVENS; WARREN, 2000).



No entanto, apesar dos fortes indícios das respostas desses organismos no ambiente, ainda existem poucos dados que comprovem de fato esses fenômenos em nível de campo. Tornando-se necessários mais estudos, dados de coleta e correlações das propriedades biológicas com os demais parâmetros físico-químicos importantes na descrição e identificação de solos férteis e altamente produtivos para entender essas relações. Fusaro et al. (2018) utilizaram um novo índice, denominado QBS-e (Índice de Qualidade Biológica do Solo baseado em minhocas), para melhorar o monitoramento da fertilidade biológica do solo no meio rural, bem como para uso por não especialistas em taxonomia de minhocas. Apresentados os dois estudos de caso para testarem a aplicação desta nova ferramenta prática: um em agroecossistemas hortícolas e outro em vinhas no nordeste da Itália, comparando o método QBS-e com o método tradicional de análise de diversidade de minhocas. Foram analisadas as diferenças na fauna de minhocas entre os agroecossistemas orgânicos e convencionais para avaliar se algumas práticas agrônômicas específicas afetam as minhocas. Os resultados obtidos com os dois métodos são comparáveis: isso parece demonstrar a eficácia do uso do índice QBS-e para economizar tempo e custos em programas de monitoramento de solo. Além disso, foi proposto um *software* simples para calcular o valor do índice QBS-e e ajudar na atribuição da categoria ecológica correta aos espécimes amostrados (FUSARO et al., 2018).

USO DE MINHOCAS COMO BIORREMEDIADORES DE SOLO

Além de bioindicadores ambientais, as minhocas podem ser utilizadas como mecanismos de biorremediação ambiental. O estudo de Boughattas et al. (2018) buscou avaliar, em primeiro lugar, a modificação da especiação de metais pesados - Chumbo (Pb), zinco (Zn) e cádmio (Cd), induzida por minhocas *E. andrei* e, em segundo lugar, a consequência desta mudança de especiação de metal nas atividades de enzimas do solo como um fácil bioindicador de estresse. Os resultados sugeriram que as minhocas modificaram a dinâmica e a especiação dos metais pesados. Elas diminuem a quantidade de metal associado à fração mais disponível (fração trocável) e aumentam a quantidade de metal ligado à fração mais estável, como os de óxido de manganês (Mn) e ferro (Fe). Por outro lado, as atividades enzimáticas aumentaram na maioria dos solos, seguindo a atividade das minhocas, mas esse efeito é dependente da quantidade de contaminação do solo, podendo ser considerados bioindicadores de metal para a toxicidade e qualidade biológica na área contaminada. Ao reduzir a disponibilidade de metais pesados, as minhocas são úteis na biorremediação de solos contaminados por metais pesados (BOUGHATTAS et al., 2018).



Por fim, Liu et al. (2020) utilizaram a minhoca *E. fetida* sozinha ou combinada com EDTA ou borra de feijão para remover Cd do solo. Como resultados, os autores mostraram que as minhocas são capazes de remover Cd do solo, e o processo de remediação foi acelerado tanto por EDTA quanto por borra de feijão. Adicionalmente, o solo tornou-se mais fértil e ativo após a remediação. Portanto, a utilização de minhocas, sozinhas ou combinadas com EDTA e borra de feijão, é viável para a remediação de solos contaminados com Cd.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

Minhocas são organismos passíveis de serem utilizados como biorremediadores e como bioindicadores de qualidade e contaminação do solo, contudo não são afetadas por todos os metais, como no exemplo do Ni. Além disso, os métodos utilizados nos estudos não são totalmente padronizados. Com o avanço da globalização, do consumismo e da produção em massa, o meio ambiente é cada vez mais afetado, sendo extremamente necessária a utilização de meios não poluentes para conhecer as condições ambientais. O bioindicador é algo muito positivo, pois um organismo vivo pode mostrar como os demais podem estar sendo afetados também. Assim, estimula-se a continuidade dos estudos para o desenvolvimento de métodos mais amplos de biomonitoramento utilizando minhocas para avaliar a qualidade e poluição do solo.

REFERÊNCIAS


ABBIRAMY, S. K.; VINITHA, V.; SANGEETHA, G.; MONISHA, M. Monocrotophos, Its toxic effect (dermal) on *Eisenia fetida* (Savigny). **Toxicology and Environmental Health Sciences**, v. 10, n. 5, p. 330–335, 2018.

BARRIGOSI, J. A. F.; BROWN, G. G.; PEDRETTI Jr., C. **Minhocas em arroz irrigado: pragas ou benéficas?** In: Congresso Brasileiro de Arroz Irrigado, v. 6. Estresses e sustentabilidade: desafios para a lavoura arrozeira. Porto Alegre: Sosbai, 2009. Disponível em: <https://ainfo.cnptia.embrapa.br/digital/bitstream/item/132553/1/2009-BrownMinhocasArroz.pdf>. Acesso em: 12 abr. 21.

BAWA, P. Retention in Online Courses: Exploring Issues and Solutions—A Literature Review. **SAGE Open**. 2016

BILEJ, M.; PROCHÁZKOVÁ, P.; SILEROVÁ M.; JOSKOVÁ, R. **Earthworm Immunity**. In: SÖDERHÄLL, K. (eds) Invertebrate Immunity. Advances in Experimental Medicine and Biology, Springer, Boston, MA. v. 708, pp. 66–79, 2010.

BONNARD, M.; EOM, I. C.; MOREL, J. L.; VASSEUR, P. Genotoxic and reproductive effects of an industrially contaminated soil on the earthworm *Eisenia fetida*. **Environmental and Molecular Mutagenesis**, v. 50, n. 1, p. 60–67, 2009.



BOUGHATTAS, I.; HATTAB, S.; ALPHONSE, V.; LIVET, A.; GIUSTI-MILLER, S.; BOUSSETTA, H.; BANNI, M.; BOUSSERRHINE, N. Use of earthworms *Eisenia andrei* on the bioremediation of contaminated area in north of Tunisia and microbial soil enzymes as bioindicator of change on heavy metals speciation. **Journal of Soils and Sediments**, v. 19, n. 1, p. 296–309, 2018.

BRULLE, F.; MITTA, G.; COQUERELLE, C.; VIEAU, D.; LEMIÈRE, S.; LEPRÊTRE, A.; VANDENBULCKE, F. Cloning and real-time PCR testing of 14 potential biomarkers in *Eisenia fetida* following cadmium exposure. **Environmental Science & Technology**, v. 40, p. 2844–2850, 2006.

BUCH, A. C.; BROWN, G. G.; NIVA, C. C.; SAUTTER, K. D.; SOUSA, J. P. Toxicity of three pesticides commonly used in Brazil to *Pontoscolex corethrurus* (Muller, 1857) and *Eisenia Andrei* (Bouche, 1972). **Applied Soil Ecology**, v. 69, p. 32–38, 2013.

BURGOS, M. G.; WINTERS, C.; STÜRZENBAUM, S. R.; RANDERSON, P. F.; KILLE, P.; MORGAN, J. Cu and Cd effects on the earthworm *Lumbricus rubellus* in the laboratory: Multivariate statistical analysis of relationships between exposure, biomarkers, and ecologically relevant parameters. **Environmental Science & Technology**, v. 39, p. 1757–1763, 2005.

CHEN, M.; XUA, P.; ZENG, G.; YANG, C.; HUANG, D.; ZHANG, J. Bioremediation of soils contaminated with polycyclic aromatic hydrocarbons, petroleum, pesticides, chlorophenols and heavy metals by composting: Applications, microbes and future research needs. **Biotechnology Advances**, v. 33, n. 6, p. 745–755, 2015.

COLLINS, A. R.; AZQUETA, A. DNA repair as a biomarker in human biomonitoring studies; further applications of the comet assay. **Mutation Research**, v. 736, n. 1-2, p. 122–129, 2012.

CORREIA, F. V.; MOREIRA, J. C. Effects of glyphosate and 2,4-D on earthworms (*Eisenia foetida*) in laboratory tests. **Bulletin of Environmental Contamination and Toxicology**, v. 85, p. 264–268, 2010.


DA SILVA JÚNIOR, F. M. R.; FEIJO FERNANDES, C. L.; TAVELLA, R. A.; HOSCHA, L. C.; MARTINS BAISCH, P. R. Genotoxic damage in coelomocytes of *Eisenia andrei* exposed to urban soils. **Mutation Research**, v. 842, p. 111–116, 2019.

EDWARDS, C. A. **The importance of earthworms as key representatives of the soil fauna.** In: Earthworm Ecology; EDWARDS, C. A., Ed.; CRC Press LLC: Boca Raton, FL, USA, pp. 3–11, 2004.

EDWARDS, C. A.; BOHLEN, P. J. The effect of toxic chemicals on earthworms. **Reviews of Environmental Contamination and Toxicology**, v. 125, p. 23–99, 1992.

FRÜND, H. C.; GRAEFE, U.; TISCHER S. **Earthworms as bioindicators of soil quality.** In: KARACA, A. (eds) Biology of Earthworms. Soil Biology, Springer, Berlin, Heidelberg, v. 24, pp. 261–278, 2011.

FUSARO, S.; GAVINELLI, F.; LAZZARINI, F.; PAOLETTI, M. G. Soil Biological Quality Index based on earthworms (QBS-e). A new way to use earthworms as bioindicators in agroecosystems. **Ecological Indicators**, v. 93, p. 1276–1292, 2018.



GIOVANETTI, A.; FESENKO, S.; COZZELLA, M. L.; ASECIO, L. D.; SANSONE, U. Bioaccumulation and biological effects in the earthworm *Eisenia fetida* exposed to natural and depleted uranium. **Journal of Environmental Radioactivity**, v. 101, p. 509–516, 2010.

GRAEFE, U. Bodenorganismen als Indikatoren des biologischen Bodenzustands. **Mitt Dtsch Bodenkundl Ges**, v. 85, p. 687–690, 1997.

GRAEFE, U. Makroökologische Muster der Bodenbiozönose. **Mitt Dtsch Bodenkundl Ges**, v. 107, p. 195–196, 2005.

HAYS, S. M.; PYATT, D. W.; KIRMAN, C. R.; AYLWARD, L. L. Biomonitoring Equivalents for benzene. **Regulatory Toxicology and Pharmacology**, v. 62, n. 1, p. 62–73, 2012.

HINTON, J.; VEIGA, M. Earthworms as bioindicators of mercury pollution from mining and other industrial activities. **Geochemistry: Exploration, Environment, Analysis**, v. 2, n. 3, p. 269–274, 2002.

HIRANO, T.; TAMAE, K. Earthworms and soil pollutants. **Sensors (Basel)**, v. 11, n. 12, p. 11157–11167, 2011.

IDERA, F.; CHIDINMA, N. J.; TITOCAN, I. M.; JULIANO, A. Y. Earthworms *Eudrilus eugeniae* as Bio-indicators of Heavy Metal Contamination in Port Harcourt Dumpsites. **Journal of Scientific Research and Reports**, v. 9, n. 4, p. 1–10, 2015.

ISO. International Standards Organization. **Soil-quality-effects of Pollutants on Earthworms (*Eisenia fetida*). Part 1 Determination of Acute Toxicity using Artificial Soil Substrate**. International Standardization Organization, Geneva, Switzerland, ISO11268–1, 1993.

KAVITHA, V.; ANANDHAN, R.; ALHARBI, N. S.; KADAIKUNNAN, S.; KHALED, J. M.; ALMANAA, T. N.; GOVINDARAJAN, M. Impact of pesticide monocrotophos on microbial populations and histology of intestine in the Indian earthworm *Lampito mauritii* (Kinberg). **Microbial Pathogenesis**, v. 139, 103893, 2020.


LAVELLE, P.; BARROS, E.; BLANCHART, E.; BROWN, G.; DESJARDINS, T.; MARIANI, L.; ROSSI, J-P. SOM management in the tropics: why feeding the soil macrofauna? **Nutrient Cycling in Agroecosystems**, v. 61, p. 53–61, 2001.

LEE, S. H.; KIM, E. Y.; HYUN, S.; KIM, J. G. Metal availability in heavy metal-contaminated open burning and open detonation soil: Assessment using soil enzymes, earthworms, and chemical extractions. **Journal of Hazardous Materials**, v. 170, p. 382–388, 2009.

LI, M.; LIU, Z.; XU, Y.; CUI, Y.; LI, D.; KONG, Z. Comparative effects of Cd and Pb on biochemical response and DNA damage in the earthworm *Eisenia fetida* (Annelida, Oligochaeta). **Chemosphere**, v. 74, p. 621–625, 2009.

LISTER, L. J.; SVENDSEN, C.; WRIGHT, J.; HOOPER, H. L.; SPURGEON, D. J. Modelling the joint effects of a metal and a pesticide on reproduction and toxicokinetics in Lumbricid earthworms. **Environment International**, v. 37, p. 663–670, 2011.

MORO, A. M.; CHARÃO, M. F.; BRUCKER, N.; DURGANTE, J.; BAIERLE, M.; BUBOLS, G.; GOETHEL, G.; FRACASSO, R.; NASCIMENTO, S.; BULCÃO, R.; GAUER, B.;



BARTH, A.; BOCHI, G.; MORESCO, R.; GIODA, A.; SALVADOR, M.; FARSKY, S.; GARCIA, S. C. Genotoxicity and oxidative stress in gasoline station attendants. **Mutation Research**, v. 754, n. 1-2, p. 63–70, 2013.

NAHMANI, J.; HODSON, M. E.; BLACK, S. Effects of metals on life cycle parameters of the earthworm *Eisenia fetida* exposed to field-contaminated, metal-polluted soils. **Environmental Pollution**, v. 49, p. 44–58, 2007.

NAKASHIMA, T.; OKADA, T.; ASAHI, J.; YAMASHITA, A.; KAWAI, K.; KASAI, H.; MATSUNO, K.; GAMOU, S.; HIRANO, T. 8-Hydroxydeoxyguanosine generated in the earthworm *Eisenia fetida* grown in metal-containing soil. **Mutation Research**, v. 654, p. 138–144, 2008.

NATAL-DA-LUZ, T.; OJEDA, G.; PRATAS, J.; VAN GESTEL, C. A.; SOUSA, J. P. Toxicity to *Eisenia Andrei* and *Folsomia candida* of a metal mixture applied to soil directly or via an organic matrix. **Ecotoxicology and Environmental Safety**, v. 74, p. 1715–1720, 2011.

NING, Y.; JIN, C.; ZHOU, H.; WANG, E.; HUANG, X.; ZHOU, D. Screening indices for cadmium-contaminated soil using earthworm as bioindicator. **Environmental Science and Pollution Research**, v. 25, n. 32, p. 32358–32372, 2018.

OECD. **Guideline for Testing of Chemicals**, No. 207, Earthworm Acute Toxicity, Paris, France, 1984.

OECD. **Guideline for Testing of Chemicals**, No. 222, Earthworm Reproduction Test (*Eisenia fetida/Eisenia andrei*), Paris, France, 2004.

OECD. **Guidelines of Testing of Chemical** No. 222 Earthworm Reproduction Test (*Eisenia fetida/Eisenia andrei*). Drafted 12.06.2015, Paris, France, 2015.

PELOSI, C.; BAROT, S.; CAPOWIEZ, Y.; HEDDE, M.; VANDENBULCKE, F. Pesticides and earthworms. A review. **Agronomy for Sustainable Development**, v. 34, p. 199–228, 2014.


QIU, H.; VIJVER, M. G.; PEIJNENBURG, W. J. Interactions of cadmium and zinc impact their toxicity to the earthworm *Aporrectodea caliginosa*. **Environmental Toxicology and Chemistry**, v. 30, p. 2084–2093, 2011.

REYNOLDS, J. W.; WETZEL, M. J. **Nomenclatura Oligochaetologica**. Supplementum Quartum. A Catalogue of Names, Descriptions and Type Specimens of the Oligochaeta, Illinois Natural History Survey Special Publication, 2004.

RIBEIRO, L. R.; SALVADORI, D. M. F.; MARQUES, E. E. **Mutagênese Ambiental**. 1. ed. Canoas: ULBRA; 2003.

RODRIGUEZ-CAMPOS, J.; DENDOOVEN, L.; ALVAREZ-BERNAL, D.; CONTRERAS-RAMOS, S. M. Potential of earthworms to accelerate removal of organic contaminants from soil: A review. **Applied Soil Ecology**, v. 79, p. 10–25, 2014.

RÖMBKE, J.; JÄNSCH, S.; DIDDEN, W. The use of earthworms in ecological soil classification and assessment concepts. **Ecotoxicology and Environmental Safety**, v. 62, n. 2, p. 249–65, 2005.



ROUSSEAU, G. X.; SILVA, P. R. dos S.; CARVALHO, C. J. R. de. Earthworm ants and other arthropods as soil health indicators in traditional and no fire agri ecosystems from eastern Brazilian amazonia. **Acta Zoologica Mexicana**, v. 2, p. 117–134, 2010.

RUPPERT, E.; BARNES, R. D. Anelídeos e Pogonóforos. In: Zoologia dos Invertebrados; RUPPERT, E.; BARNES, R. D. Ed.; 6ª ed., Roca Editora: São Paulo, pp. 485–576, 1996.

STEFFEN, G.; ANTONIOLLI, Z.; STEFFEN, R.; JACQUES, R. Importância ecológica e ambiental das minhocas. **Revista de Ciências Agrárias**, v. 36, p. 137–147, 2013.

STELLIN, F.; GAVINELLI, F.; STEVANATO, P.; CONCHERI, G.; SQUARTINI, A.; PAOLETTI, M. G. Effects of different concentrations of glyphosate (Roundup 360®) on earthworms (*Octodrilus complanatus*, *Lumbricus terrestris* and *Aporrectodea caliginosa*) in vineyards in the North-East of Italy. **Applied Soil Ecology**, v. 123, p. 802–808, 2018.

STEVENS, M. M.; WARREN, G. N. Laboratory studies on the influence of the earthworms *Eukerria saltensis* (Beddard) (Oligochaeta: Ocnerodrilidae) on overlying water quality and rice plant establishment. **International Journal of Pest Management**, v. 46, p. 303–310, 2000.

STÜRZENBAUM, S. R.; GEORGIEV, O.; MORGAN, A. J.; KILLE, P. Cadmium detoxification in earthworms: From genes to cells. **Environmental Science & Technology**, v. 38, p. 6283–6289, 2004.

STÜRZENBAUM, S. R.; KILLE, P.; MORGAN, A. J. The identification, cloning and characterization of earthworm metallothionein. **FEBS Letters**, v. 431, p. 437–442, 1998.

STÜRZENBAUM, S. R.; WINTERS, C.; GALAY, M.; MORGAN, A. J.; KILLE, P. Metal ion trafficking in earthworms. **Journal of Biological Chemistry**, v. 36, p. 34013–34018, 2001.

VAN GESTEL, C. A.; KOOLHAAS, J. E.; HAMERS, T.; VAN HOPPE, M.; VAN ROOVERT, M.; KORSMAN, C.; REINECKE, S. A. Effects of metal pollution on earthworm communities in a contaminated floodplain area: Linking biomarker, community and functional responses. **Environmental Pollution**, v. 157, p. 895–903, 2009.

YASMIN, S.; D'SOUZA, D. Effects of Pesticides on the Growth and Reproduction of Earthworm: A Review. **Applied and Environmental Soil Science**, v. 2010, 678360, 2010.

ZHANG, Z. S.; ZHENG, D. M. Bioaccumulation of total and methyl mercury in three earthworm species (*Drawida* sp., *Allolobophora* sp., and *Limnodrilus* sp.). **Bulletin of Environmental Contamination and Toxicology**, v. 83, p. 937–942, 2009.



CAPÍTULO 28

EXTRAÇÃO E CARACTERIZAÇÃO DO LÁTEX DA PLANTA AVELÓS (*Euphorbia Tirucalli*)

DOI: 10.47402/ed.ep.c202144728097

Marcelo Paulo Stracke, Doutor e Professor do Mestrado do PPEenCT da Universidade Regional Integrada do Alto Uruguai e das Missões – URI
Bruna Teresinha KlassenTusset, Bolsista CNPq e graduanda em Engenharia Química da Universidade Regional Integrada do Alto Uruguai e das Missões – URI

RESUMO


O Brasil é o país que possui a maior biodiversidade vegetal do planeta, porém, grande parte dessa variedade biológica não se tem um conhecimento característico das plantas. Com a evolução da tecnologia, está sendo possível realizar análises e estudos para se identificar e caracterizar os compostos dessas plantas. Entre essas plantas a *Euphorbia Tirucalli*, conhecida popularmente como avelós, vem sendo pesquisada para identificar seus benefícios e malefícios, para isso, existe alguns equipamentos com a função de caracterizar, com grande probabilidade quais os compostos presentes na amostra, como o Cromatógrafo Gasoso acoplado com o Espectrômetro de Massas (CG-MS). Com isso, o presente trabalho possui como objetivo identificar e caracterizar com grande probabilidade o látex e o ramo da planta, sendo realizado extrações, como líquido-líquido e sólido-líquido e também a solubilização. A identificação dos compostos da planta ocorreu através de análises do Espectrômetro de Massas (CG-MS) e da sua biblioteca. Na extração líquido-líquido se identificou com grande probabilidade os compostos 4-(allyloxy)-2-methyl-2-pentanol, lanosterol e o 4H-Pyran-4-one, 2,3-dihydro-3,5-dihydroxy-6-methyl. Na extração sólido-líquido, 4-(allyloxy)-2-methyl-2-pentanol. Na solubilização, tetracosane, o heneicosane, o hexatriacontane, o lanosterol, tetratetracontane, beta-cariofileno, o dotriacontane, 1-iodo, lupeol e o hidroxitolueno butilado. De forma complementar, os resultados das análises no equipamento Microscópio Eletrônico de Varredura (MEV), comprovaram que o ramo da planta possui somente compostos da família de hidrocarbonetos.

PALAVRAS-CHAVE: Avelós. Cromatografia Gasosa acoplada com Espectrômetro de Massas. Microscópio Eletrônica de Varredura.

1. INTRODUÇÃO

Os recursos naturais são utilizados desde a era primitiva em várias áreas como na alimentação, medicamentos, fonte renda, entre outros. Dessa forma, com a evolução da tecnologia vem sendo muito pesquisado a utilização desses recursos numa forma mais segura e eficácia, por meio de estudos de suas propriedades e componentes.

O Brasil é o país com a maior biodiversidade vegetal do planeta, possui em torno de 120 mil espécies de plantas, equivalente a 25 % das espécies conhecidas, sendo que uma boa parte



ainda não é familiar. Dessa forma, a cada ano com as descobertas de novas plantas é realizado várias pesquisas a fim de caracterizar esses vegetais.

Com esses estudos, a química vem desenvolvendo equipamentos capazes de realizar uma melhor definição de resultados para a caracterização das plantas, além disso, com potencial de auxiliar o químico na produção sintética desses componentes.

A planta avelós conhecida cientificamente por *Euphobia Tirucalli*, é original da África, mas pode ser encontrada no nordeste brasileiro, cultivada em clima tropical semiárido. Possui uma altura de até 10 metros, seus ramos são lenhosos de coloração marrom-claro, sendo que os ramos novos são de coloração verde, tem uma característica semelhante a um lápis.

Essa planta é muito utilizada para ornamentações como cercas-vivas ou barreira protetora, em seus ramos é encontrado um líquido viscoso de coloração branca, popularmente conhecido pelo nome de látex. Esse líquido viscoso é caracterizado como sendo tóxico e cáustico, podendo causar queimaduras, úlceras e dermatite quando em contato com a pele.

A planta Avelós, possui como nome científico *Euphobia Tirucalli*, também conhecida cientificamente como *Arthrothamus tirucalli* (L.) Klotzsch e Garcke, *Euphorbia geayi* Constantin e Gallaud, *Euphorbia laro* Drake, *Euphorbia media* N.E. Br., *Euphorbia rhipsaloides* Lem., *Euphorbia scoparia* N.E. Br., *Euphorbia rhipsaloides* Willd., *Euphorbia suareziana* Croizat, *Euphorbia tirucalli* var. *rhipsaloides* (Willd.) Chev. Além de ser conhecida popularmente como Avelós também pode ser encontrada como cega-olho, coral-verde, labirinto, cassoneira, planta-petróleo, árvore-do-lápis, almeidinha, árvore-de-são-sebastião, árvore-do-coral-de-são-sebastião, coroa-de-cristo, dedo-do-diabo, dente-de-cão, espinho-de-cristo, espinho-de-judeu, espinho-italiano, gaiolinha, graveto-de-diabo, mata-verrugas, pau-sobre-pau e cachorro-pelado. Essa planta pertence à família Euphorbiaceae (LORENZI, 2002).

Essa planta pode ser encontrada na África e no nordeste Brasileiro, cultivada em clima tropical semi-árido. Essa planta tem uma descrição parecida com o cacto, pode atingir uma altura de 10 metros, seu tronco e seus ramos são lenhosos com coloração marrom-claro, os ramos jovens possuem uma coloração verde de forma cilíndrica, que relembra característica do lápis como um de seus nomes populares (árvore-do-lápis). Suas folhas são minúsculas e geralmente caem muito cedo e raramente apresenta flores que são pequenas e de cor verde-amarela, se multiplica facilmente com um simples pedaço de ramo no chão (ITF, 2008).

Pela estrutura da planta avelós, em alguns países é cultivada para fins ornamentais, como: cerca-vivas para separar divisas agrícolas e barreira protetora contra incêndios. Em seus

ramos verde um líquido viscoso branco, também conhecido como leite ou seiva lactescente, caracterizado popularmente pelo nome Látex. A seguir será apresentado figuras da planta avelós. Nas figuras 1 e 2, podem ser observadas as formas aproximada e adulta da planta avelós respectivamente.




Figura 40: Ramos aproximados da *Euphorbia tirucalli* Figura 41: Forma adulta da *Euphorbia tirucalli*.
(Fonte figura 1:< <https://www.safarigarden.com.br/muda-de-aveloz-ou-avelos-euphorbia-tirucalli>>). (Fonte
figura 2:< <https://www.americanas.com.br/produto/53213798/aveloz>>).

De acordo com o ITF 2008, os compostos químicos encontrados na planta *Euphorbia Tirucalli* são: éster 4-deoxiforbólico, beta-sitosterol, casuariina, corilagina, cicloeufordenol, ácido gálico, glicosídeos, euforbina, eufol, euforcinol, ciclotirucanenol, ácidos elágicos, euforeno, hentriacontano, hentriacontanal, ingenol, isoeuforal, caempferol, pedunculagina, fenóis, ésteres fôrbicos, proteases, putranjivaina A e B, acetatos de sapogenina, ácido succínico, taraxasterol, teraxerina, tirucalol e tirucalina A e B (ITF, 2008).

De acordo com Caseiro, 2006, consta que os princípios ativos presentes na planta são: 12-0-0(22) (4E)-octadienol-4-deoxiforbol-13-acetato, ácido 3, 3-di-0-metil-elágico, beta-sitosterol, ácido cítrico, ácido elágico, eufol, euforona, glucose, hentriacontanol, isoeuforal, kaempferol, ácido málico, resina, sapogenina-acetatos, ácido succínico, taraxasferol, taraxerina e tirucalol, citado pela dissertação de mestrado de Karen Avelar (AVELAR, 2013).

Porém, Avelar realizou uma análise por cromatografia gasosa acoplada com espectrometria de massa do bio-óleo do pó da biomassa da planta avelós, sendo identificado os seguintes princípios ativos: ciclopentenona, furanometanol, metilciclopentenona, furanil etanona, fenol, dimetilciclopentenona, piridinacarbonitrila, metilfenol, metoxifenol, etilfenol, creosolG, dianidro-glucopirranose, metenamina, benzenopropanonitrila, picolinamida, etilmetilpirazina, dihidroindenona, isobenzenofuranona, hidróxibenzenoacetoneitrila e



metiltiofeniletanona, sendo que 11 compostos não foram identificados, que sujeita a um total de 31 componentes diferentes detectados (AVELAR, 2013).


De acordo com Machado, realizou uma análise por cromatografia gasosa acoplada com espectrometria de massa da extração líquido-líquido, sendo utilizado diferentes frações do solvente n-hexano, sendo que posteriormente a amostra macerada da planta avelós foi submetida a uma mistura água/etanol de 30/70 % respectivamente e após evaporando o etanol. A vista disso, os compostos identificados pelo CG/MS foram: hidrocarboneto dodecano, ácido tetradecanóico, fitol, 2-metil-tricosano, lanosterol, ciclotirucanenol e lepeol (MACHADO, 2007).

Além disso, Machado, realizou uma análise por cromatografia líquida de alta eficiência (HPLC), sendo efetuado o mesmo procedimento, porém, na extração líquido-líquido foi utilizado diferentes solventes (diclorometano, éter etílico e acetato de etila). Com a análise foi identificado os seguintes componentes de acordo com o solvente, para o diclorometano: ácido linoleico, ácido pentadecanóico e etil-citrato; para o éter etílico: ácido esteárico, ácido rinoléico e diisobutil ftalato; para o acetato de etila: ácido α -linoléico e 2-(2butylcyclopropyl)-9 (MACHADO, 2007).

Na análise por cromatografia gasosa acoplada com espectrômetro de massa realizada por Martins 2018, do extrato hexânico da planta Avelós, apresentou os seguintes compostos: ácido undecanoico, ácido hexadecanoico, ácido linoleico, ácido esteárico, fitol, 9-octadecenoato de metila, octacosano, eicosano, lupenona e lanosterol, porém, 4 componentes não foram possíveis de serem identificados.

Com os resultados encontrados pelos autores citados anteriormente, entende-se que dependendo do solvente, é identificado componentes diferentes, que significa que os solventes possuem solubilidade com somente alguns compostos encontrados na extração do látex da planta avelós.

O composto éster é formado pela reação química entre um ácido e um álcool que resultam na produção de um éster e água, sua fórmula geral RCO_2R' ou $RCOOR'$. Neste caso, o composto em questão são os ésteres fôrbicos, é considerado um composto orgânico natural, encontrado geralmente em plantas da família *Euphorbiacea*, pela caracterização do ITF alguns dos compostos classificados nesta categoria podem promover o desenvolvimento de tumores (ITF, 2008; LORENZI, H; ABREU MATOS, F.J., 2002).



Os fenóis são compostos que formam anéis aromáticos pelas ligações de carbono que possuem conexão com um ou mais radicais do grupo hidroxila (OH), geralmente encontrados em forma sólida. São considerados como compostos ácidos que permite uma interação com bases orgânicas formando ácidos e água.

O acetado pode ser caracterizado como um sal orgânico ou como uma base conjugada, isso depende de sua função numa reação química. Neste caso a sua ligação está envolvida com a sapogenina é um composto que pertence à família de produtos naturais saponina, quando em contato com a água forma uma solução coloidal, a sapogenina é produzida pela por hidrólise, sendo somente solúvel em solventes orgânicos.


O látex encontrado nos ramos da planta *Euphorbia tirucalli* é considerado tóxico e cáustico, pois em contato com a pele pode causar queimaduras, úlceras e dermatite; em contato com os olhos pode causar cegueira temporária; pelo consumo interno pode causar hemorragias e úlcera estomacal, em quantidades mínimas e diluídas pode causar náuseas, vômitos, diarreias e ulceração na boca e garganta (ITF, 2008).

Apesar dessa planta ser considerada perigosa ao consumo, em muitos lugares é utilizada como uma planta medicinal, no Brasil é de uso externo e de forma diluída em picadas de cobras, tumores benignos e malignos e para cauterizar abscessos e verrugas.

Por mais que o látex pode trazer alguns benefícios para a saúde, também tem mostrado malefícios, pelo fato de ser rico em terpenos que são compostos ésteres fórbicos comprovados clinicamente por serem causadores de tumores. Um dos compostos encontrado é o éster-4-deoxiforbólico, documentado como sendo promotor da infecção pelo vírus Epstein-Barr (EBV), pelo fato de provocar a incapacidade das células T que são responsáveis de matar o EBV, é um agente biológico ligado ao desenvolvimento de alguns tipos de câncer como o linfoma de Burkitt e carcinoma nasofaríngeo (ITF, 2008).

Analisando os princípios ativos da planta, alguns deles são comprovados cientificamente como sendo benéficas para saúde. Esses possuem uma atividade preventiva contra alguns tipos de câncer, antitumoral, antimutagênica, antibacteriana, laxativa, anticéptica, desinfetante, anti-inflamatória e antiestreptocócicas (COSTA, 2011).

Pelo fato de ser benéfica em alguns aspectos da saúde, a medicina moderna vem utilizando o látex por vários anos, em certos países os médicos aconselham seus pacientes a tomar o látex de forma diluída como 3 gotas em 200 ml de água, geralmente após as refeições durante o dia.



De acordo com as ideias de Lorenzi, os princípios ativos citados anteriormente ainda não são comprovados pelas análises químicas, assim ainda estão ocorrendo pesquisas referentes a esse assunto afim de comprovar esses componentes (LORENZI, H., ABREU MATOS, F.J., 2002).

Entre agosto de 1998 e abril de 1999, foi realizado um estudo clínico terapêutico com 60 pacientes portadores de algum tipo de câncer (não consta especificação do câncer), em primeiro momento realizaram tratamentos convencionais como cirurgia, quimioterapia e radioterapia, após, realizaram um tratamento com o látex do avelós diluído em água por 30 dias. Essa pesquisa resultou em 44 pacientes que mostraram ter algum benefício com esse tratamento, sendo alguns com regressão completa da doença, mas o restante dos pacientes (16) não demonstrou melhoramento em sua doença, considerando que em alguns casos resultou em incidência de óbitos (VARRICCHIO, 2000).

Além disso, alguns estudos realizados a fim de aumentar o percentual de linfócitos T positivos para as citocinas IFN- γ TNF- α e linfócitos T-CD4, que são responsáveis por distinguir celular infectadas ou tumorais e ataca-las sem necessidade de estímulo, sendo aplicado a extração de látex bruto da planta avelós sobre leucócitos do sangue periférico in vitro. Demonstrou-se como sendo promissor para uma utilização da extração bruta da planta avelós diluída para combate a tumores e infecções por patógenos intracelulares (AVELAR, 2010).

Ademais, realizou-se uma avaliação do efeito anticarcinogênico do látex do avelós por meio do teste para detecção de clones de tumor em drosophila melanogaster que foram pré-tratadas com mitomicina C, posteriormente sendo aplicado o extrato aquoso do látex de avelós. Essa análise demonstrou que o látex diminui as concentrações de células tumorais, assim, de acordo com a literatura, as substâncias presentes no látex, o ingenano e ésteres do forbol, que aumentam a imunidade celular e favorecem a apoptose (ALVES, 2012).

Atualmente o látex encontrado na planta avelós vem sendo utilizado em certos tratamentos medicinais para algumas doenças, porém ainda estão sendo investigados os benefícios e malefícios dos componentes da planta.

De acordo com pesquisas já realizadas, foi descoberto que o látex possui componentes que trazem riscos para a saúde pelo fato de ser rico em terpenos que são compostos ésteres fóbicos. Porém, com algumas pesquisas realizadas com pessoas que consumiram o látex em forma diluída em água para a cura do câncer, houve uma comprovação de que alguns dos



componentes presentes no látex ajudam para a cura do câncer, mas ainda não se está definido quais são esses compostos.

Dessa forma, o trabalho a seguir sugere um método para identificação dos possíveis componentes encontrados no látex da planta, como uma forma de comprovar e descrever quais os elementos encontrados na amostra do material. Sendo que os resultados serão comparados entre pesquisas de autores diversos que serão devidamente citados e referenciados no decorrer do desenvolvimento desse trabalho.

Ressalta-se, portanto, que essas análises e pesquisas foram realizados com metodologia diversas, em decorrência disso, algumas pesquisas/análises não conseguiram identificar qual era o elemento presente na substância.

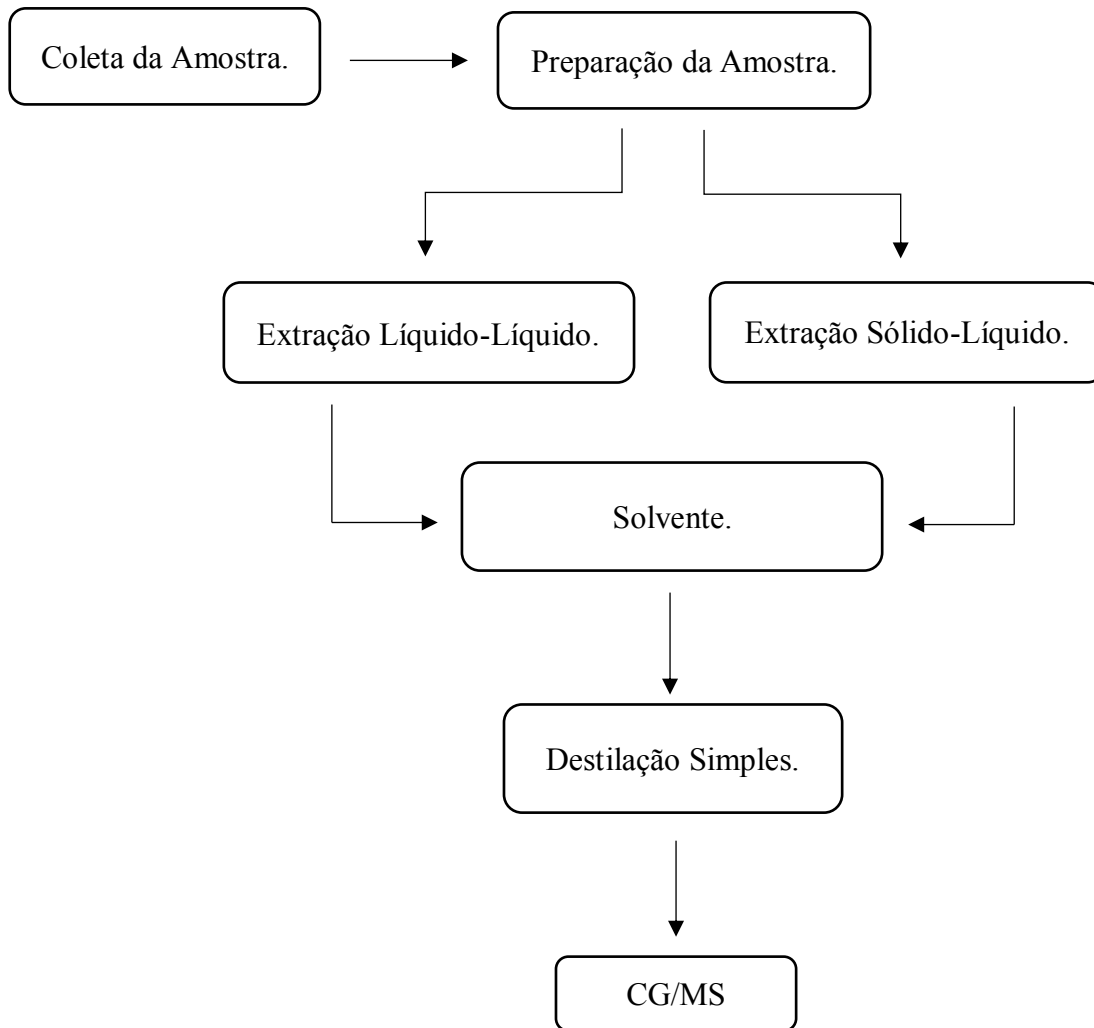
Á vista disso, será realizado uma extração líquido-líquido e sólido-líquido, seguido de uma destilação simples para a preparação da amostra, sendo realizado uma análise qualitativa e quantitativa por cromatografia gasosa acoplado com o detector de espectrometria de massas (CG-MS).

2. METODOLOGIA

Neste capítulo será apresentado em tópicos os matérias e métodos que serão realizados para a análise quantitativa e qualitativa do látex da planta Avelós. A metodologia foi baseada em artigos e dissertações, sendo caracterizada como uma pesquisa experimental.



Figura 42: Esquema da metodologia.



Fonte: Bruna T. Klassen.

2.1 COLETA DA AMOSTRA

A coleta de amostra será realizada de forma bruta, entre os meses de novembro até março, na região das missões, pois o clima é tropical semiárido, época de desenvolvimento da planta.

Para a extração líquido-líquido, será coletado 125 ramos da planta, se executará um corte e coletará 125 gotas do látex que serão armazenadas em um béquer fechado e se colocará na geladeira para preservação da amostra. Para a extração sólido-líquido, será cortado e coletado ramos de aproximadamente 10 cm acima do caule principal que serão cortados novamente em pedaços de 10 cm.



2.2 PREPARAÇÃO DA AMOSTRA

Para a extração líquido-líquido, a amostra coletada será misturada com uma mistura de 70:30 de etanol:água em béqueres, após a amostra será submetida a uma evaporação rotavapor para a eliminação do etanol (MACHADO, 2010).

Para a extração sólido-líquido, será coletada 20 g do ramo da planta que serão triturados, que serão misturados com 100 mL da mistura de 70:30 de etanol:água, que ficará em repouso por 6 dias, sendo realizado agitações diariamente. (AVELAR, 2013).

2.3 ESCOLHA DO SOLVENTE

A escolha do solvente que será reagido com a amostra é muito importante e depende do tipo de análise que se quer realizar, neste caso, o equipamento em questão é o cromatógrafo gasoso acoplado com espectrometria de massas, então deve-se escolher um solvente com polaridade crescente. Esse mesmo solvente será utilizado na extração líquido-líquido afim de separar a fase orgânica da fase inorgânica, para o equipamento em questão será analisada somente a fase orgânica e na extração sólido-líquido será analisado a fase líquida da amostra.


Para esse experimento, pelo fato de a amostra possuir compostos desconhecidos será realizado extrações com diversos solventes a fim de comparar os resultados obtidos. Sendo assim, para a extração líquido-líquido e sólido-líquido será utilizado os solventes hexano de característica polar, diclorometano de característica apolar e acetato de etila de característica apolar. (MARTINS, 2018; MACHADO, 2007).

2.4 EXTRAÇÃO

As extrações serão realizadas entre os meses de fevereiro a abril, essas foram baseados nos experimentos de Machado 2007, Martins 2018 e Avelar 2013, sendo feitas algumas alterações.

2.4.1 EXTRAÇÃO LÍQUIDO-LÍQUIDO

A extração líquida-líquida é um procedimento utilizado em amostras aquosas com o propósito de separar, purificar e concentrar substâncias específicas, esse processo é fundamentado pelas propriedades físicas da substância, no caso sua solubilidade. Nesse tipo de extração são necessários dois tipos de solventes que devem ser imiscíveis um com o outro, para essas análises será realizada uma extração simples, sendo utilizado um funil de separação de fases.



Após a preparação da solução aquosa (amostra), será colocada dentro do funil de separação (que possui uma válvula com um caninho para a saída do solvente), em seguida será acrescentado 100 mL de solvente, sendo utilizado solventes de polaridade crescente: hexano (apolar), diclorometano (polar) e acetato de etila (apolar), agitar e abrir a válvula para coleta da fase orgânica da solução para um béquer. A fase orgânica da solução aquosa (amostra) será reservada para ser utilizada na análise cromatográfica depois de uma destilação simples.

2.4.2 EXTRAÇÃO SÓLIDO-LÍQUIDO

A extração sólido-líquido é utilizada para a separação e purificação de um ou mais componentes de uma amostra sólida, sendo utilizado um solvente extrator líquido. O solvente utilizado deve ter uma solubilidade com os componentes. Para essa operação é necessário de uma amostra sólida e um solvente, será realizado no equipamento soxhlet.

Nesse equipamento, a amostra será colocada num cartucho, enquanto que 150 mL do solvente adicionado ao balão de 200 mL em aquecimento, ao alcançar o ponto de ebulição, o solvente sobe pelo braço do aparelho, sendo condensado ao chegar no refrigerador, as gotas caem sobre o cartucho, que quando cheio acontece o refluxo e o processo começa novamente. Os diferentes solventes utilizados serão metanol, etanol e acetato de etila, esse procedimento será realizado por 3 horas, com 3g de amostra.

2.5 DESTILAÇÃO SIMPLES

As amostras obtidas nas extrações serão submetidas a uma destilação simples, um processo de separação e purificação de líquidos miscíveis com o objetivo de separar as substâncias das amostras de acordo com sua volatilidade. Sendo colocada as amostras em um balão redondo que estará inserido sobre uma manta de aquecimento.

A amostra será aquecida até aproximadamente a temperatura de 150°C, em que as substâncias serão evaporadas ao chegar ao seu ponto de ebulição, sendo utilizado um termômetro para monitoramento. Esse vapor passará pelo processo de condensação em que a vidraria possui 2 entradas, uma para água e a outra para o vapor e duas saídas, uma para a amostra e a outra para a água e se coletará o líquido com impurezas voláteis em um erlenmeyer. O esquema desse processo está apresentado na figura 6.



2.6 CROMATOGRAFIA GASOSA ACOPLADA COM UM ESPECTRÔMETRO MASSAS (CG-MS)

A amostra líquida coletada na destilação será diluída em 1:100, 1:50 e 1:25 com o mesmo solvente utilizado para a extração, sendo que primeiramente será submetida a uma análise no equipamento cromatografia gasosa acoplado com um espectrômetro de massas, modelo QP – 2020, utilizando o software GCMSolutions. Esse equipamento possui uma coluna capilar, modelo SH-Rtx-5MS, 5% difenil, 95% dimetil polisiloxano de dimensões 30 m x 0,25 mm x 0,25 em que possui um intervalo de temperatura de 330/350°C, o equipamento em questão foi adquirido da empresa shimadzu.

A amostra será injetada por uma microseringa apropriada para o equipamento de 1,0 µm em modo split com razão de 1:100 na temperatura de 280 °C, o forno na temperatura de 70 °C (2 min); 230 °C (10 °C/min); 230 °C (17 min), o gás de arraste utilizado será o hélio, o detector é o equipamento espectrômetro de massas na temperatura 280 °C com EI em 70 eV, com modo de varredura de 0,5 seg/scan, com faixa de massas de 40 – 500 daltons, o filamento desligado a 4 minutos e com linha de transferência na temperatura de 280 °C. A análise será realizada no laboratório de química da URI-campus de Santo Ângelo entre os meses de fevereiro a abril (AVELAR, 2013).

3. RESULTADOS E DISCUSSÕES

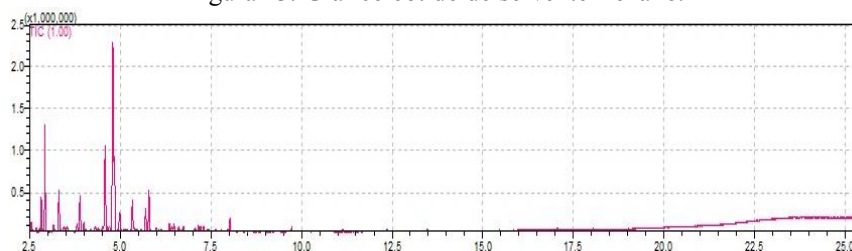
Para a realização do experimento descrito anteriormente, primeiramente fez-se uma leitura dos solventes utilizados, esses sendo, hexano, diclorometano e acetato de etila no equipamento cromatógrafo gasoso acoplado com um espectrômetro de massas, para se verificar as moléculas presentes, pois pode haver algum contaminante e assim, pode-se descartar caso aparecer nas amostras que serão analisadas. Para a escolha do solvente, decidiu realizar o experimento com um apolar, sendo o hexano e o polar o diclorometano, porém, o acetato de etila é um dos solventes recomendados para realizar experimentos no equipamento CG-MS, esse sendo de característica apolar, assim, foi-se utilizado três solventes diferentes para comparação.

De acordo com a descrição da metodologia, se sugere realizar uma destilação simples para ter certeza que todas as moléculas seriam eliminadas da coluna para não contaminar, porém acabou não gerando resultados, então essa ideia acabou sendo desconsiderada. A destilação é geralmente utilizada para a purificação da amostra, porém, os solventes escolhidos para a realização dos experimentos possuem uma temperatura de ebulição menor que 100°C, entretanto, o equipamento começa sua análise na temperatura de 70 a 280°C, com isso, na

análise da amostra coletada da destilação, somente se detectou o solvente, que entende-se que a amostra ficou no balão, assim não sendo favorável para a possível caracterização dos componentes da amostra.

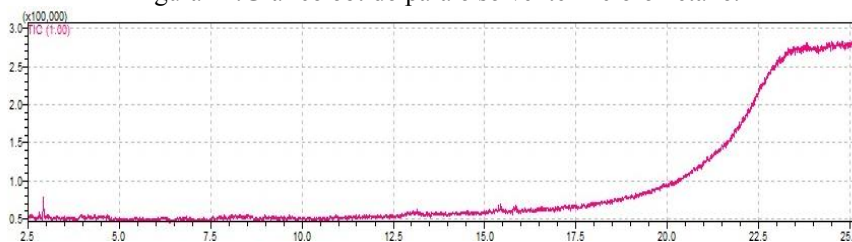
A seguir serão apresentados os gráficos obtidos no equipamento CG-MS para cada um dos solventes: hexano, diclorometano e acetado de etila, considerando que o eixo x representa o tempo em minutos e o eixo y representa a intensidade do pico em todos os gráficos.

Figura 43: Gráfico obtido do solvente Hexano.



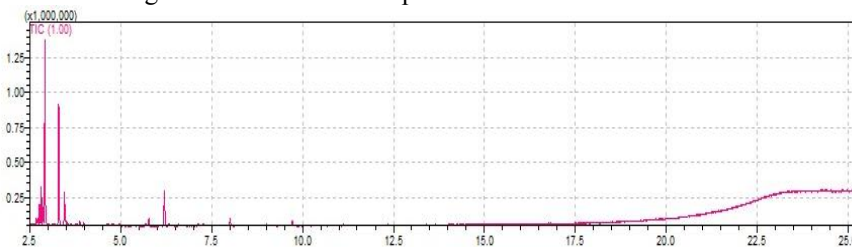
Fonte: Software CG-MS.

Figura 44: Gráfico obtido para o solvente Diclorometano.



Fonte: Software CG-MS.

Figura 45: Gráfico obtido para o solvente Acetato de Etila.



Fonte: Software CG-MS.

Analisando-se os gráficos das figuras 8, 9 e 10, percebe-se que os solventes hexano e acetato de etila que são apolares possuem alguns contaminantes, sendo assim, nos resultados obtidos para as amostras será utilizado esses gráficos como comparação para serem descartados, comparando-se com os picos dos componentes presentes nos gráficos das amostras dos solventes. Porém, o diclorometano que tem como característica ser polar está limpo de contaminantes.

Para a realização das extrações propostas anteriormente, necessitou preparar 2 amostras diferentes, sendo a primeira uma solução somente do látex encontrado nos ramos da planta e a segunda correspondendo a uma mistura com os ramos da planta triturado.

Na preparação da primeira amostra, em um erlenmeyer de 200 mL, foi adicionado 125 gotas de látex, sendo que em cada ramo contém uma gota, com 100 mL de uma solução de água e etanol (30:70), essa ficou em repouso por 2 dias, porém, para sua utilização no experimento, utilizou o rotavapor para evaporar o etanol. Para a segunda amostra, se utilizou o ramo da planta aveloz, com o auxílio da balança, pesou-se 20,0070 g do ramo, seguidamente, esse foi triturado e colocado em um erlenmeyer de 200 mL com 100 mL de uma solução de água e etanol (30:70), que permaneceu em repouso por 6 dias. As duas amostras preparadas foram agitadas diariamente e a seguir será apresentado uma figura das amostras.

Figura 46: Foto das amostras preparadas, sendo do lado esquerdo a solução com látex e do lado direito a solução com o ramo triturado.



Fonte: Bruna T. Klassen.

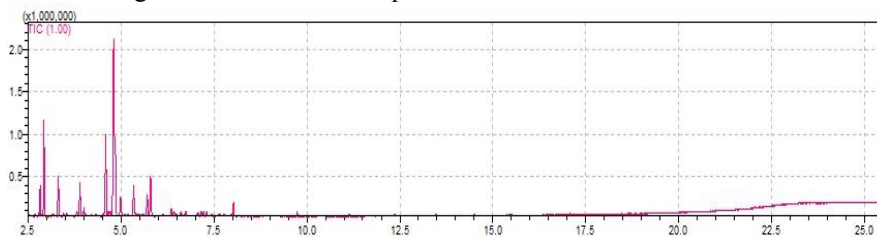
Para a realização das extrações com a amostra 2 (solução com os ramos triturados), foi necessário efetuar uma filtração, pois o sólido e o líquido foram analisados separadamente.

3.1 EXTRAÇÃO LÍQUIDO – LÍQUIDO

Com as soluções já preparadas, primeiramente realizou-se as extrações com a primeira amostra, em que foi adicionado 8 gotas da solução em 70 mL de solvente e 30 mL de água em um funil de separação, esse foi agitado e coletado a fase orgânica que foi analisada no equipamento, esse procedimento foi realizado para cada solvente, hexano, diclorometano e acetato de etila. A seguir serão apresentados os gráficos obtidos pelo equipamento CG-MS.

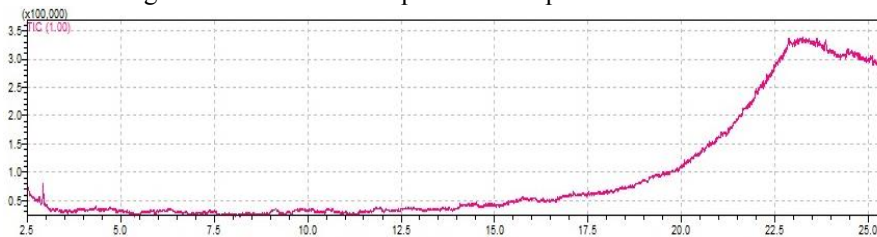


Figura 47: Gráfico obtido pelo CG-MS com o solvente hexano.



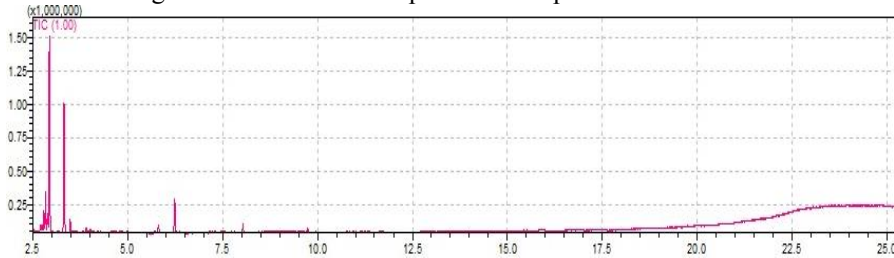
Fonte: Software CG-MS.

Figura 48: Gráfico obtido pelo CG-MS para o diclorometano.



Fonte: Software CG-MS.

Figura 49: Gráfico obtido pelo CG-MS para o acetato de etila.



Fonte: Software CG-MS.

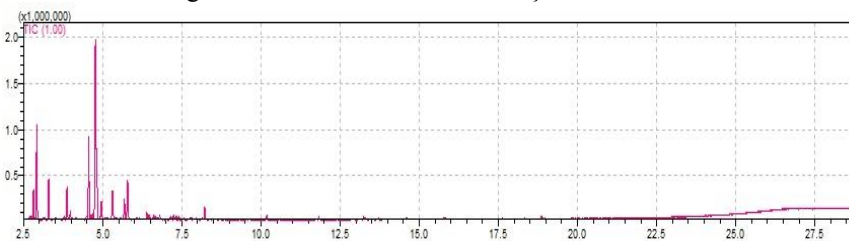
Os gráficos das figuras 12-14 foram comparados com os do solvente puro do hexano, diclorometano e acetato de etila, sendo, respectivamente as figuras 8, 9 e 10. Comparando-se os gráficos, percebe-se que são idênticos aos do solvente puro, indicando que a amostra estava muito diluída e que acabou não obtendo picos das moléculas do látex.

Com isso, o experimento foi refeito, porém sendo diminuído o volume do solvente, sendo utilizado somente 10 mL de solvente com 10 gotas da primeira solução. Ao ser colocado a mistura no funil de separação, percebeu-se que a solução do solvente acetato de etila não se obteve uma separação visível, então, se adicionou 10 mL de água, assim, sendo possível a coleta da parte orgânica, porém, para os solventes diclorometano e hexano não foi necessária essa adição.

Após ser realizado o procedimento de extração com o funil de separação, se analisou as amostras no equipamento CG-MS, a seguir serão apresentados os gráficos obtidos com cada um dos solventes.

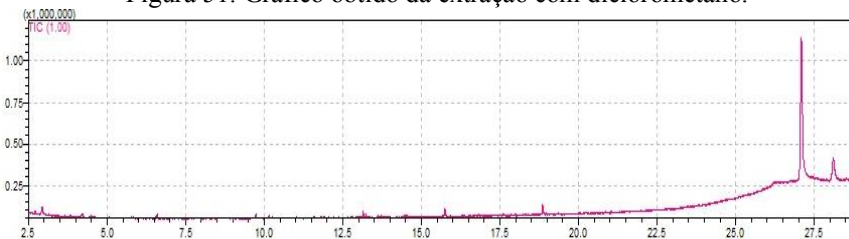


Figura 50: Gráfico obtido da extração com hexano.



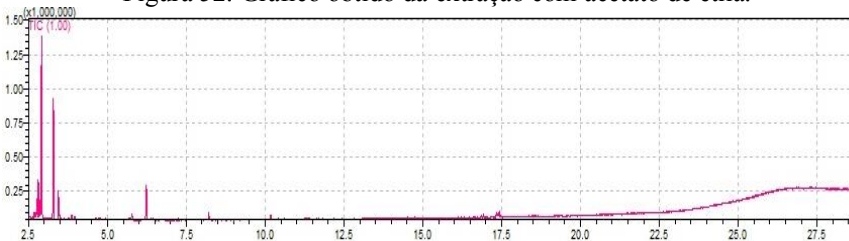
Fonte: Software CG-MS.

Figura 51: Gráfico obtido da extração com diclorometano.



Fonte: Software CG-MS.

Figura 52: Gráfico obtido da extração com acetato de etila.



Fonte: Software CG-MS.

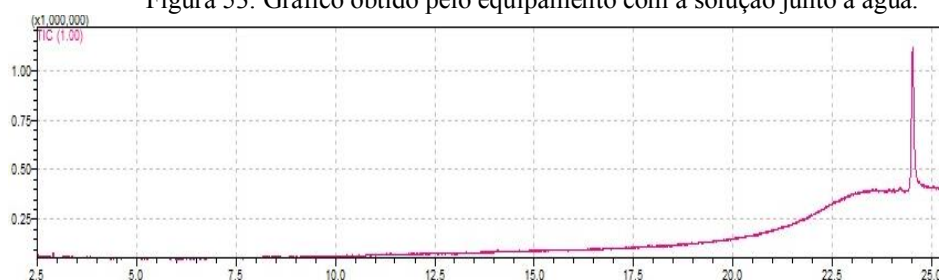
Comparando-se os resultados obtidos com o de solvente puro, respectivamente, figuras 8, 9 e 10. Percebe-se que somente o diclorometano possui um pico desconhecido, porém ao comparar com a figura 8, observa-se que o tempo de cromatografia foi de 25 minutos e na figura 15 foi de 29 minutos, então realizou uma nova análise do solvente puro diclorometano. O gráfico acabou não sendo gerado pelo fato de não aparecer pico depois de 25 minutos, assim indicando que o pico encontrado corresponde a amostra da planta.

Além do equipamento proporcionar o gráfico com os picos, o CG-MS identificou a partir de sua biblioteca uma grande probabilidade de ser o composto químico Lanosterol que possui a fórmula $C_{30}H_{50}O$. Este composto é um triterpenóide tetracíclico, é considerado ser uma molécula lipídica de esterol, podendo ser encontrada em forma sólida e sendo praticamente insolúvel em água, porém neutro. O lanosterol atua como metabólito bacteriano, vegetal, humano, levedura de cerveja (*Saccharomyces cerevisiae*) e de camundongos, sendo encontrado nas células citoplasma, membrana e retículo endoplasmático. Possui a função na biossíntese de esteroides, na ação da fluvastatina e na ação do ibandronato, com isso, desde 2015 está sendo realizados estudos de que a sintetização do lanosterol em forma de colírio é capaz de derreter

cataratas, que no ser humano é responsável pela focalização da visão, em 2018 ocorreu o desenvolvimento desse colírio, porém ainda está sendo realizado estudos para sua aprovação.

Além disso, como foi possível verificar a separação da fase orgânica sem a adição da água com o solvente diclorometano, decidiu-se verificar se o resultado seria o mesmo com a água, a seguir será demonstrado o gráfico obtido no equipamento CG-MS dessa mistura.

Figura 53: Gráfico obtido pelo equipamento com a solução junto a água.



Fonte: Software CG-MS.

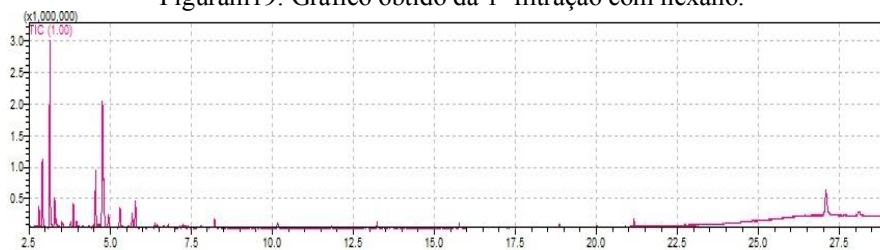
Comparando-se com a figura 16, percebe-se que foi encontrado o mesmo pico, com a mesma intensidade e no mesmo tempo, assim, entende-se que a água não teve efeito na análise realizada.

Os resultados obtidos pelos gráficos demonstrados pelas figuras 12-18 correspondem a experimentos de extração líquido – líquido realizada com a amostra 1, que seria a solução de coloração branca preparada com o látex da planta. Com isso, pode-se concluir que as extrações realizadas com essa amostra não foram possíveis obter componentes, somente com o solvente diclorometano, sendo assim, a segunda amostra com o ramo triturado de coloração verde, realizou-se as extrações com os mesmos solventes para a comparação.

A amostra 2 é uma solução com o ramo triturado misturado com 100 mL de água:etanol respectivamente 30:70, com isso, com um funil filtrou-se a amostra e repetiu-se o procedimento sendo realizado 3 filtrações. As filtrações foram reservadas, para as extrações líquido – líquido, misturou-se no funil de separação 10 mL da solução e 20 mL de solvente, primeiramente se analisou no equipamento CG-MS a extração com o solvente hexano da primeira e terceira filtração para identificar qual possui o maior número de componentes. A seguir serão apresentados os gráficos obtidos pelo equipamento com o solvente hexano.



Figuram19: Gráfico obtido da 1ª filtração com hexano.



Fonte: Software CG-MS.

Figura 540: Gráfico obtido da 3ª filtração com hexano.



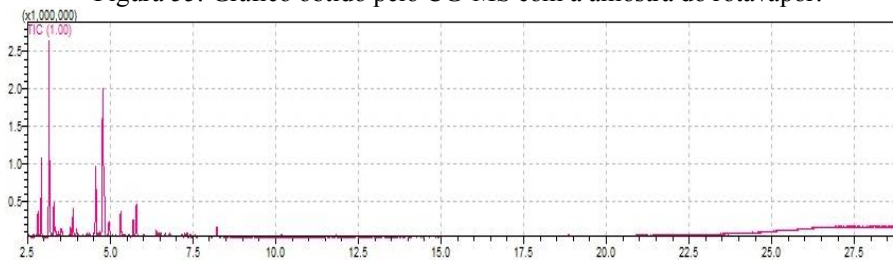
Fonte: Software CG-MS.

Comparando-se as figuras 19 e 20, percebe-se que na extração líquido – líquido da primeira filtração se obteve um maior número de componentes, sendo que a molécula com maior intensidade se encontra em 3 minutos e 0,133 segundos, com grande probabilidade de ser o composto 4-(allyloxy)-2-methyl-2-pentanol ($C_9H_{18}O_2$). Possui uma massa molecular de 158,24 g/mol, porém, não se existe informações comprovadas sobre essa molécula referente ao que se corresponde e para o que é utilizada.

Além disso, verificou-se as tabelas construídas pelo equipamento para verificar, com isso percebeu-se que esse composto está presente nas duas extrações, porém, na primeira filtração está apresentada com maior intensidade. Também, identificou um pico no tempo de 27 minutos e 0,077 segundos na extração com a primeira filtração, com grande probabilidade de ser a molécula Lanosterol, sendo a mesma molécula encontrada na extração líquido – líquido da primeira amostra com o solvente diclorometano, porém numa menor intensidade. Assim, entende-se que essa molécula se encontra no látex da planta, pois é o único componente em comum nas duas amostras, com isso, coletou-se 30 mL da 1ª filtração e passou-a no rotavapor para evaporar o etanol e realizou o procedimento de extração. Essa amostra foi analisada para verificar a influência dessa evaporação, a seguir será apresentado o gráfico obtido pelo equipamento.



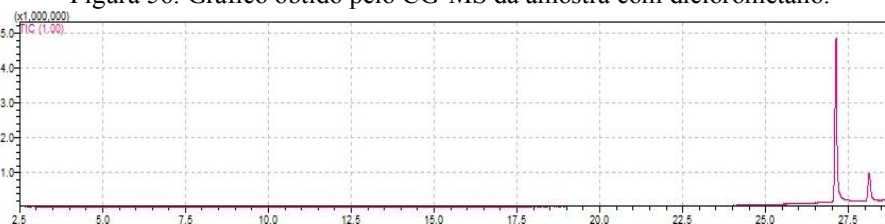
Figura 55: Gráfico obtido pelo CG-MS com a amostra do rotavapor.



Fonte: Software CG-MS.

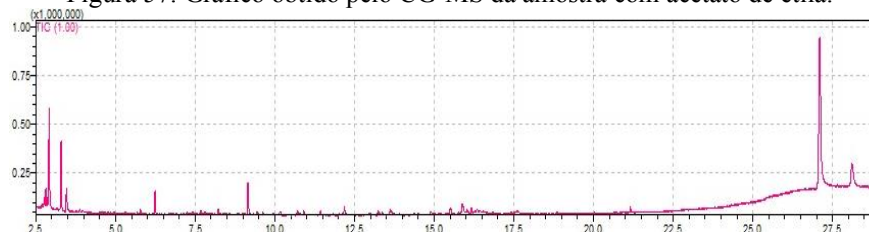
Comparando-se com a figura 19, percebe-se que possuem em comum o pico com grande probabilidade de ser a molécula 4-(allyloxy)-2-methyl-2-pentanol ($C_9H_{18}O_2$), sua estrutura molecular está representada na figura 22, porém com uma intensidade de 25000000 aproximadamente, já na extração líquido – líquido da 1ª filtração corresponde a uma intensidade de 30000000 aproximadamente. Com esses resultados e considerando que na figura 19 se obteve mais picos, as análises realizadas com os solventes diclorometano e acetato de etila se utilizou a 1ª filtração que corresponde por ter um maior número de moléculas presentes. O procedimento realizado foi-se o mesmo, pois o objetivo é verificar se a amostra possui componentes diferentes que poderão interagir com solventes diferentes e assim identifica-los, a seguir serão apresentados os gráficos obtidos com esses solventes.

Figura 56: Gráfico obtido pelo CG-MS da amostra com diclorometano.



Fonte: Software CG-MS.

Figura 57: Gráfico obtido pelo CG-MS da amostra com acetato de etila.



Fonte: Software CG-MS.

Comparando-se os gráficos representados nas figuras 22 e 23, identificou-se que os dois picos encontrados tanto no diclorometano e acetato de etila são o mesmo componente, com grande probabilidade de corresponder ao composto esse lanosterol, além disso, percebe-se que os picos obtidos estão no mesmo tempo. Porém no acetato de etila se obteve um pico desconhecido em 9 minutos e 0,150 segundos, com grande probabilidade de corresponder a molécula (4H-Pyran-4-one, 2,3-dihydro-3,5-dihydroxy-6-methyl), sua fórmula é $C_6H_8O_4$,

possui um peso molecular de 144,12 g/mol, não se tem muitas informações sobre essa molécula e sua função.

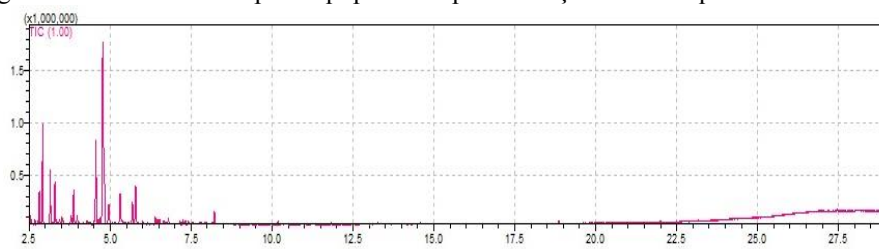
Levando em consideração todos os procedimentos de extração líquido-líquido realizados com as duas amostras, percebe-se que os resultados com as análises da 1ª filtração com todos os solventes obteve o maior número de arraste de componentes presentes na planta. Com isso, foi-se possível verificar que o componente lanosterol é identificado com todos os solventes utilizados, assim comprovando sua existência na planta.

3.2 EXTRAÇÃO SÓLIDO – LÍQUIDO

Para a realização dessa extração, foi-se utilizado o ramo inteiro e a segunda amostra, primeiramente, fez-se uma comparação para verificar se existia diferença entre os possíveis componentes se fosse utilizar o ramo inteira ou somente o triturado, para isso, somente se utilizou o solvente hexano. Para a extração com o ramo triturado, utilizou a composição da segunda amostra preparada que foi filtrada após os 6 dias de repouso.

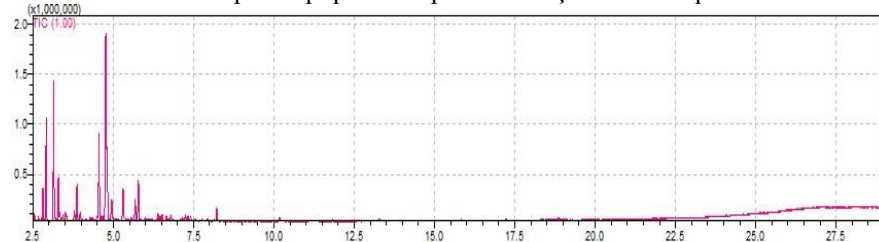
Com a ajuda da balança analítica, pesou-se 3,0052g de ramo triturado e 3,0097g de ramo inteiro, essas amostras foram colocadas em um cartucho especialmente para ser utilizado nesse tipo de extração, no balão de fundo chato foi acrescentado 150 mL de solvente, o procedimento de refluxo ocorreu por 3 horas, após, a solução aquosa que permaneceu no balão foi analisada no equipamento CG-MS. A seguir serão apresentados os gráficos obtidos pelo equipamento com os possíveis componentes encontrados nas amostras.

Figura 58: Gráfico obtido pelo equipamento para extração sólido-líquido do ramo inteiro.



Fonte: Software CG-MS.

Figura 59: Gráfico obtida pelo equipamento para a extração sólido-líquido do ramo triturado.

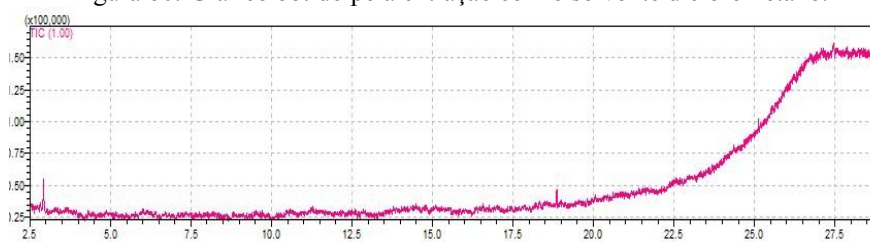


Fonte: Software CG-MS.

Comparando-se os dois gráficos expostos nas figuras 24 e 25 com o gráfico obtido do hexano puro que está apresentado na figura 7, percebe-se que são quase idênticos, porém, nas extrações se obteve um pico diferente no tempo de 3 minutos e 0,140 segundos. Esse pico, possui uma grande probabilidade de ser a molécula 4-(allyloxy)-2-methyl-2-pentanol ($C_9H_{18}O_2$), possui uma massa molecular de 158,24 g/mol, porém, não se existe informações comprovadas sobre essa molécula referente ao que se corresponde e para o que é utilizada, sendo a mesma molécula encontrado na extração líquido – líquido da 1ª e 3ª filtração com hexano correspondente as figuras 19 e 20.

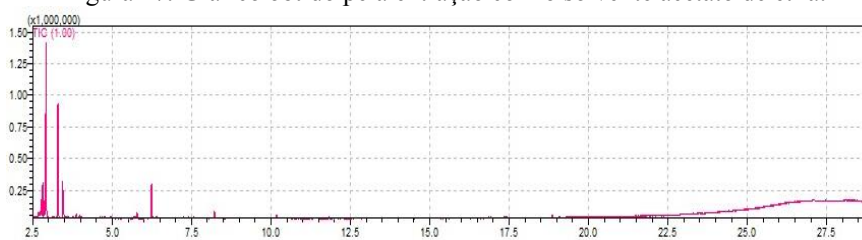
Além disso, é possível perceber pelos gráficos que essa molécula encontrada possui uma maior intensidade na extração com os ramos triturados, pois possuem maior facilidade de contato com o látex que se encontra dentro do ramo. Por esse motivo, para a realização da extração sólido-líquido com os outros solventes se utilizou os ramos triturados, sendo realizado o mesmo procedimento descrito anteriormente, a seguir serão apresentados os gráficos obtidos pelo equipamento com o diclorometano e acetato de etila.

Figura 60: Gráfico obtido pela extração com o solvente diclorometano.



Fonte: Software CG-MS.

Figura 27: Gráfico obtido pela extração com o solvente acetato de etila.



Fonte: Software CG-MS.

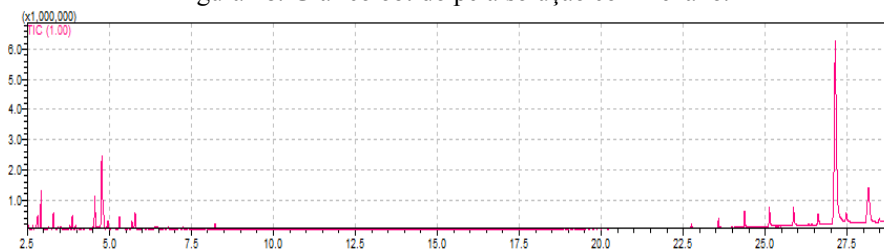
Comparando-se com os gráficos da extração sólido-líquido com os gráficos de solventes puros, sendo a figura 9 o diclorometano e figura 10 o acetato de etila, percebe-se que os gráficos são idênticos, indicando que os ramos não tiveram uma afinidade com esses solventes neste tipo de extração, mesmo que o acetato de etila seja de mesma polaridade que o hexano.

SOLUBILIZAÇÃO

Como os resultados encontrados com a extração não corresponderam aos esperados, se decidiu realizar uma mudança na metodologia, dessa forma, para a solubilização, se preparou uma solução em um béquer de 50 mL, misturando 10 mL de solvente com 20 gotas de látex, esse procedimento foi realizado com os solventes hexano, diclorometano e acetato de etila. As amostras de característica apolar apresentaram uma formação de líquido aquoso tipo cola em que as gotas se juntaram, porém com o solvente polar, o látex formou pequenas bolinhas com aparência de sólido como um pó.

Para a possível análise das amostras no equipamento CG-MS, foi necessário realizar uma filtração para coletar somente a parte líquida, seguidamente sendo realizada a análise, a seguir será apresentado os gráficos obtidos pelo equipamento.

Figura 28: Gráfico obtido pela solução com hexano.



Fonte: Software CG-MS.

Comparando-se com o gráfico demonstrado na figura 8, que representa o solvente hexano puro, percebe-se que a partir de 22:5 minutos se obteve 8 picos, que correspondem a 5 moléculas diferentes, pois algumas acabam se repetindo.

O pico obtido no tempo de 23:573 minutos, possui uma grande probabilidade de corresponder ao composto tetracosane ($C_{24}H_{50}$) é um hidrocarboneto alcano, sendo considerada uma molécula de lipídeo de hidrocarboneto, é encontrado como um sólido e praticamente insolúvel em água, porém neutro. Na célula está localizado na membrana, esse composto químico pode ser encontrado na saliva do ser humano e também em alguns alimentos como tília, girassol, frutas cítricas e coco, possui uma função de metabólito vegetal e como componente volátil do óleo.

O pico obtido em 24:363 e 25:127 minutos, possui uma grande probabilidade de corresponder ao composto heneicosane ($C_{21}H_{44}$) é um hidrocarboneto alcano, também é considerado uma molécula de lipídeo de hidrocarbonetos, é encontrado em forma sólida e praticamente insolúvel em água, porém neutro. Esse composto químico possui um sabor ceroso

que pode ser encontrado certos alimentos, como orégano, pimenta, girassol e couve-rábano, possui uma função de feromônio, metabólito vegetal e um componente volátil do óleo.

Os picos obtidos em 25:860 e 26:610 minutos, possui uma grande probabilidade de corresponder ao composto químico hexatriacontane ($C_{36}H_{74}$) é um hidrocarboneto alcano, possui um formato tipo cera de coloração branca, porém, possui uma propriedade química em forma de flocos brancos brilhantes. Esse composto não possui muitas informações sobre sua origem.

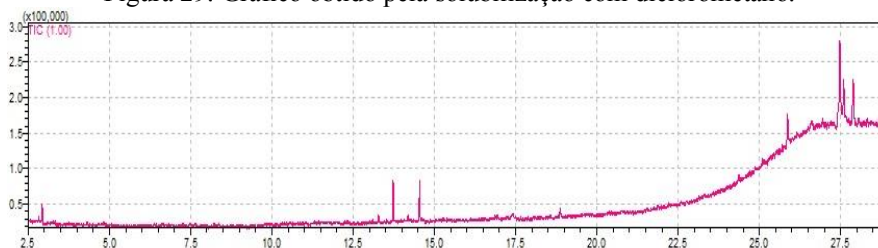
Os picos obtidos em 27:133 e 28:150 minutos, possuem uma grande probabilidade de corresponder ao composto químico lanosterol, analisando-se o gráfico da figura 26, percebe-se que o pico em 27 minutos possui a maior intensidade encontrada na comparação com os outros picos obtidos no gráfico. Esse composto foi encontrado nas extrações líquido-líquido na 1ª e na 3ª filtração com hexano, diclorometano e acetato de etila da segunda amostra, porém, na solubilização se obteve uma maior intensidade.

O pico obtido em 27:470 minutos, possui grande probabilidade de corresponder ao composto químico tetratetracontane ($C_{44}H_{90}$) é um alcano, possui um formato puro, não se tem muitas informações sobre essa molécula, porém é conhecido por ter uma função de metabólito humano.

Analisando-se todos os experimentos realizados com o solvente hexano, a solubilização demonstrou ter um arrasto maior dos componentes, como também com picos de maior intensidade. Sendo assim, demonstrou ser a melhor forma de experimento para se obter maior porcentagem de picos.

A seguir será analisado o gráfico obtido pelo CG-MS do experimento de solubilidade com o diclorometano, figura 29.

Figura 29: Gráfico obtido pela solubilização com diclorometano.



Fonte: Software CG-MS.

Analisando-se o gráfico da figura 29, percebeu-se que foi possível detectar 6 diferentes picos que correspondem a 4 componentes químicos diferentes que serão discutidos a seguir.

Os picos obtidos em 13:727 e 14:543 minutos, possuem grande probabilidade de corresponderem a molécula beta-cariofileno ($C_{15}H_{24}$) é um composto orgânico do tipo sesquiterpenóides, é considerado uma molécula lipídica isoprenóide, pode ser encontrado de forma sólida e também em forma líquida oleosa de coloração amarela com um odor intermediário entre o odor de cravo e terebintina, sendo praticamente insolúvel em água, porém neutro. Na célula pode ser encontrado na membrana e no citoplasma, porém é detectado principalmente em fezes, mas estando presentes em óleos essenciais, principalmente em óleos de cravo. Esse composto químico possui uma função de antiinflamatório não esteroideal, fragrância, metabólito e atrativo para insetos.

O pico obtido em 25:863 minutos, possui grande probabilidade de corresponder ao composto químico dotriacontane, 1-iodo- ($C_{32}H_{65}I$), possui uma massa molecular de 576,8 g/mol, não se existe muita informação desse composto químico sobre sua forma, onde é encontrado e sua função.

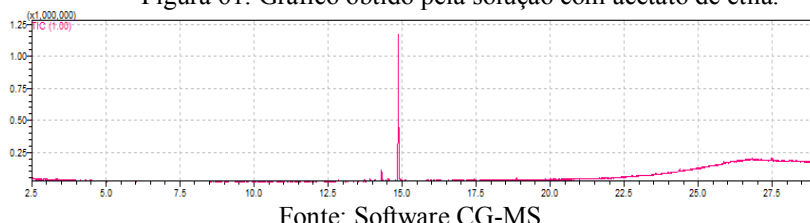
O pico encontrado em 27:470 minutos, possui grande probabilidade de corresponder ao composto químico hexatriacontane ($C_{36}H_{74}$), essa molécula também foi encontrada na solubilização do hexano em tempos próximos.

Os picos encontrados em 27:593 e 27:883 minutos correspondem ao composto químico lupeol ($C_{30}H_{50}O$) é um triterpenóide pentacíclico, porém derivado de um hidreto de tremoço. Essa molécula pode ser encontrada em cascas das sementes do tremoço, no látex das figueiras e das seringueiras, em muitas frutas e vegetais comestíveis, possui uma função de anti-inflamatório e metabólito vegetal, além disso, lupeol está sendo investigada como um potencial no tratamento contra acne.

Analisando-se todos os gráficos obtidos nos experimentos realizados com o solvente diclorometano, percebeu-se que o procedimento de solubilização resultou num maior arraste de componentes da planta, assim indicando uma maior afinidade com o solvente nesse processo.

A seguir será apresentado o gráfico obtido pela solubilização do látex com o solvente acetato de etila, sendo analisado os picos encontrados, figura 30.

Figura 61: Gráfico obtido pela solução com acetato de etila.



Fonte: Software CG-MS.




Analisando-se o gráfico da figura 40, percebeu-se que foi possível detectar dois picos, porém o segundo pico possui uma maior intensidade, porém, como o primeiro pico está com uma intensidade muito pequena acabou sendo desconsiderado como amostra da planta.

O pico obtido em 14:870 minutos, possui grande probabilidade de corresponder ao composto químico hidroxitolueno butilado ($C_{15}H_{24}O$) é um composto orgânico do tipo fenilpropanos, pode ser encontrado em forma de sólido cristalino branco e praticamente insolúvel em água, porém neutro. Na célula, esse composto pode ser encontrado na membrana, pode ser detectado na saliva, como também em eucariotos desde a levedura até humanos, além disso, é um composto de sabor suave, cânfora e mofo encontrado no alho. Esse composto químico inibe a autoxidação de compostos orgânicos saturados, sendo utilizado em alimentos, cosméticos e fluidos industriais para prevenir a oxidação e a formação de radicais livres, porém é considerado um composto tóxico.

Analisando-se todos os experimentos realizados com o solvente acetato de etila, percebe-se que dependendo do experimento realizado é capaz de se identificar diferentes componentes químicos em diferentes experimentos. Com isso, foi-se possível somente identificar no experimento de extração líquido-líquido o composto 4H-Pyran-4-one, 2,3-dihydro-3,5-dihydroxy-6-methyl- e na solubilização o hidroxitolueno butilado. Porém a molécula de maior intensidade foi encontrada no experimento de solubilização, dessa forma, percebe-se que os componentes ativos da planta possuem pouca afinidade com esse solvente, pelo fato de somente ser encontrado 2 compostos químicos.

Além disso, realizando uma análise completa e comparando-se todos os diferentes experimentos realizados com os solventes hexano, diclorometano e acetato de etila, pode-se dizer que o procedimento que se obteve um maior arraste de componentes ativos da planta foi na solubilidade. Porém, comparando-se os resultados obtidos nesse procedimento, entende-se que o solvente hexano possui uma maior afinidade, pelo fato de ser encontrado uma maior número de compostos químicos, considerando que também se encontrou a molécula de maior intensidade, essa sendo, o lanosterol ($C_{30}H_{50}O$).

O procedimento realizado por Machado, corresponde ao mesmo experimento de extração líquido-líquido, porém, comparando-se os princípios ativos encontrados nos dois experimentos, é possível verificar que está presente o composto químico lanosterol. Todavia, esse composto químico foi encontrado com o solvente hexano nos experimentos realizados por Machado na extração líquido-líquido, mas nesse trabalho foi encontrado com o solvente



diclorometano. Entretanto, o experimento de extração líquido-líquido realizado com a amostra 2, uma solução com os preparada com os ramos triturados da planta, se identificou esse mesmo composto com os solventes diclorometano e acetato de etila, com isso, entende-se que esse composto possui uma afinidade com todos os solventes, pois na solubilização realizada com hexano, se identificou esse pico com uma intensidade de aproximadamente 6000000, sendo o maior pico identificado.

Porém, o experimento realizado por Machado se identificou um maior número de compostos ativos encontrados na planta, com isso, deve-se considerar que os solventes utilizados nos experimentos descritos neste trabalho possuíam alguns contaminantes que podem ter causado dificuldade do arraste de certos componentes, também, os solventes utilizados possuem uma porcentagem de pureza diferente e assim, causou essa diferença entre os resultados encontrados.

Além disso, percebeu-se que o componente ativo citado por Caseiro e por ITF, o eufol ($C_{30}H_{50}O$) possui uma fórmula molecular do lanosterol ($C_{30}H_{50}O$), porém a estrutura molecular apresenta uma pequena diferença. Com isso, deve-se considerar que o equipamento cromatografia gasosa acoplado com um espectrômetro de massas, possui uma biblioteca própria para identificação dos picos, porém a cada ano é acrescentado novas moléculas, sendo assim, dependendo da biblioteca do equipamento, os compostos identificados podem ser diferentes.

Também, os resultados obtidos pelos experimentos realizados, foi comparado com os princípios ativos encontrados por Martins, que somente possui um composto em comum, esse sendo o lanosterol. Além disso, Avelar realizou análise do bio-óleo do pó da massa da planta avelós, nesse experimento foi obtido 31 picos, porém 11 não foram identificados, mas os princípios ativos identificados são diferentes do que os compostos encontrados nesse trabalho.

Porém, foi-se possível identificar diferentes compostos em que os experimentos realizados pelos autores citados não encontraram. Na extração líquido-líquido com o solvente hexano, se identificou os compostos 4-(allyloxy)-2-methyl-2-pentanol e o lanosterol, com o diclorometano se identificou o lanosterol e com o acetato de etila, se identificou o 4H-Pyran-4-one, 2,3-dihydro-3,5-dihydroxy-6-methyl e o lanosterol. Na extração sólido-líquido, com o solvente hexano identificou-se os compostos 4-(allyloxy)-2-methyl-2-pentanol, porém com o diclorometano e acetato não se obteve algum pico de amostra. Na solubilização, com o solvente hexano identificou-se o tetracosane, o heneicosane, o hexatriacontane, o lanosterol e o

tetratetracontane; com o diclorometano identificou-se o beta-cariofileno, o dotriacontane, 1-iodo, hexatriacontane e o lupeol; com o acetato de etila identificou-se o hidroxitolueno butilado.

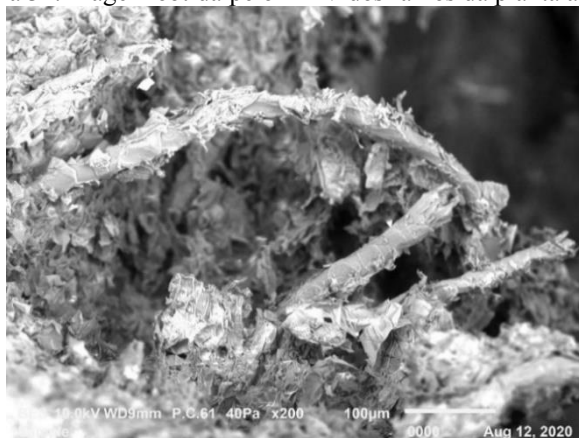
Os experimentos realizados com extração sólido-líquido acabaram não sendo considerados, pois não se obteve picos de compostos relevantes, porém na extração com o solvente hexano se obteve um pico, mas com uma pequena intensidade, sendo que o mesmo composto se foi encontrado na extração líquido-líquido. Conclui-se que no experimento de solubilização se obteve mais resultados com identificação de diferentes compostos químicos, sendo que nesse experimento os solventes possuíram uma conexão direta com o látex.

Contudo, o objetivo desse experimento é caracterizar e identificar os compostos ativos da planta com diferentes solventes, para verificar a afinidade desses com hexano, diclorometano e acetato de etila. Com os resultados obtidos, nos experimentos de extração líquido-líquido, sólido-líquido e solubilidade, foi possível verificar que certos compostos ativos possuem uma maior afinidade, porém o composto químico lanosterol foi o composto mais identificado nos experimentos, exceto na extração sólido-líquido, indicando que essa molécula possui afinidade com todos os solventes, no entanto, para sua extração depende do procedimento realizado, todavia, a solubilidade resultou num arraste maior de compostos químicos.

3.3 ANÁLISE MICROSCÓPIO ELETRÔNICO DE VARREDURA (MEV)

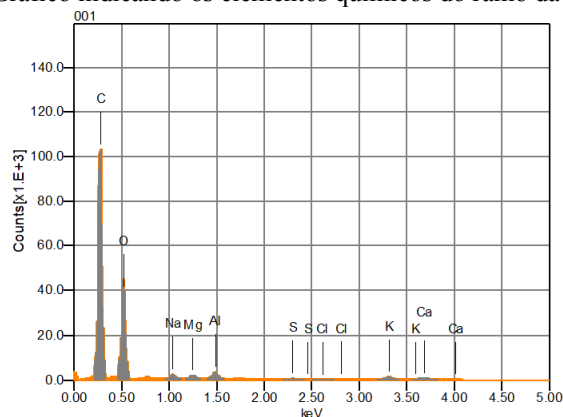
Além dos experimentos realizados para análise dos compostos químicos da planta, fez-se uma leitura no MEV para identificar os elementos químicos, como uma forma de comprovar o tipo de compostos que foram encontrados pelas leituras anteriores pelo equipamento de cromatografia gasosa CG-MS. A seguir será apresentado a figura obtida pelo equipamento referente a imagem da planta, figura 32 e também referente ao gráfico com a demonstração dos elementos químicos encontrados, figura 31.

Figura 31: Imagem obtida pelo MEV dos ramos da planta avelós.



Fonte: Software MEV.

Figura 32: Gráfico indicando os elementos químicos do ramo da planta avelós.




Fonte: Software MEV.

Com o gráfico representado pela figura 32, demonstra os elementos que se encontram na planta, como também suas porcentagens, essas sendo, 57,58 % de carbono (C), 36,25 % de oxigênio (O), 0,68 % de sódio (Na), 0,51 % de magnésio (Mg), 1,09 % de alumínio (Al), 0,22 % de enxofre (S) e 0,12 % de cloro (Cl). Percebe-se que o carbono e o oxigênio possuem uma grande porcentagem, com isso, entende-se que a maioria dos compostos ativos encontrados na planta são hidrocarbonetos. Porém, os elementos como sódio, magnésio, alumínio, enxofre e cloro, então em uma porcentagem muito baixa, assim, entende-se que são nutrientes responsáveis pelo desenvolvimento da planta e não como característica do látex do avelós.

4. CONCLUSÕES

Com a realizações dos experimentos descritos anteriormente e após serem feitos as devidas análises e considerações, pode-se dizer que houve o cumprimento do objetivo geral desse trabalho. Durante a realização dos experimentos foram realizadas algumas alterações de metodologia considerando os resultados obtidos para ser possível de analisar e caracterizar o extrato da planta avelós no equipamento de cromatografia gasosa acoplada com um espectrômetro de massas.

Na realização das extrações líquido-líquido, com a execução da metodologia descrita com a amostra 1, acabou não se obtendo resultados, com isso, entendeu-se que a amostra do látex estava muito diluída. Então fez-se uma alteração, essa sendo a diminuição do solvente, porém, somente o solvente diclorometano acabou obtendo um pico que corresponde a molécula lanosterol. Com isso, percebe-se que na extração líquido-líquido realizada com a amostra 1 não é favorável para se obter os componentes ativos da planta, pois, essas moléculas acabam ficando armazenadas na parte inorgânica que está junto com a água.



Além disso, foi-se realizado a extração líquido-líquido com a amostra 2, em que a solução preparada possuía o ramo triturado da planta em que o látex é encontrado na extremidade do ramo. Com essa amostra, sendo realizada as extrações, se identificou os seguintes compostos, com hexano o 4-(allyloxy)-2-methyl-2-pentanol ($C_9H_{18}O_2$) e no acetato de etila o 4H-Pyran-4-one, 2,3-dihydro-3,5-dihydroxy-6-methyl), sua fórmula é ($C_6H_8O_4$). Porém, nesse experimento se encontrou um componente em todos os solventes, esse sendo o lanosterol ($C_{30}H_{50}O$) que é composto é um triterpenóide tetracíclico, é considerado ser uma molécula lipídica de esterol, podendo ser encontrada em forma sólida e sendo praticamente insolúvel em água, porém neutro.

Nas extrações sólidos-líquidos realizados tanto com o ramo inteiro e triturado, acabou não obtendo resultados significantes, assim, entende-se que esse procedimento não é favorável para o arraste dos compostos químicos.

Assim, com a solubilização foi-se possível identificar alguns dos compostos químicos da planta, percebe-se que o contato direto entre solvente e látex proporcionou um maior arraste dos compostos químicos ativos da planta. Porém, com o solvente hexano identificou-se o tetracosane, o heneicosane, o hexatriacontane, o lanosterol e o tetraetracontane; com o diclorometano identificou-se o beta-cariofileno, o dotriacontane, 1-iodo, hexatriacontane e o lupeol; com o acetato de etila identificou-se o hidroxitolueno butilado.

Comparando-se com os compostos ativos encontrados por outros autores, como Avelar, Machado, Martins, Cicero e pelo livro ITF, percebe-se que o componente em comum é o lanosterol que possui uma afinidade maior com o hexano. Com isso, deve-se levar em considerações alguns erros que podem ter ocorrido durante o experimento como também os contaminantes que estavam presentes nos solventes puros.

Conclui-se que o objetivo de se analisar e caracterizar a tanto o látex como também o ramo da planta avelós foi satisfatório, além disso, foi-se possível identificar que em cada solvente possui uma afinidade com diferentes compostos químicos.

Com a identificação dos compostos pelo CG-MS entende-se que a maioria dos compostos são hidrocarbonetos, com isso fez-se uma análise no microscópio eletrônico de varredura (MEV). Os resultados obtidos foram de 57,58 % de carbono (C), 36,25 % de oxigênio (O), 0,68 % de sódio (Na), 0,51 % de magnésio (Mg), 1,09 % de alumínio (Al), 0,22 % de enxofre (S) e 0,12 % de cloro (Cl), assim comprovando que a planta possui uma grande quantidade de compostos hidrocarbonetos.



REFÊRENCIAS

ALVES, E.M.; NEPOMUCENO, J.C. **Avaliação do efeito anticarcinogênico do látex do Avelós (*Euphorbia Tirucalli*), por meio do teste para detecção de clones de tumor (warts) em *Drosophila melanogaster*.** Artigo – Centro Universitario de Patos de Minas. Caiçaras, Patos de Minas – MG, 2012.

AVELAR, B.A DE. **Detecção in vitro de citocinas intracitoplasmáticas (interferon gama, fator de necrose tumoral, interleucina 4 e interlucina 10) em leucócitos humanos tratados com extrato bruto diluído de *Euphorbia Tirucalli*.** Dissertação de Mestrado – Universidade Federal dos Vales do Jequitinhonha e Mucuri. Diamantina – MG, 2010.

AVELAR, K.P.B DE. **Estudo da influência da temperatura na degradação termoquímica da biomassa de avelós (*euphorbia tirucalli* Linn).** Dissertação de Mestrado – Universidade Federal do Rio Grande do Norte. Natal – RN, 2013.

COSTA, L. S. **Estudo do uso do Aveloz (*Euphorbia Tirucalli*) no Tratamento de Doenças Humanas: Uma Revisão.** Trabalho de Conclusão de Curso – Universidade Estadual da Paraíba, Centro de Ciências Biológicas e da Saúde. Campina Grande, 2011.

ÍNDICE TERAPÊUTICO FITOTERÁPICO (ITF). **Ervas Medicinais.** 1ª Edição. Petrópolis, RJ: EPUB, 2008.

LORENZI, H.; ABREU MATOS, F.J. **Plantas Medicinais no Brasil.** Instituto de Estudos da Flora Ltda. São Paulo, 2002.

MACHADO, M.M. **Perfil fitoquímico e avaliação dos principais efeitos biológicos e imonológicos in vitro da *Euphorbia Tirucalli* L.** Dissertação de Mestrado – Universidade Federal de Santa Maria. Santa Maria – RS, 2007.

MARTINS, A.M DE. **Avaliação das atividades citotóxica e antifúngica dos extratos orgânicos de *euphorbia tirucalli* linn. (aveloz).** Dissertação Pós-Graduação – Universidade Federal de Pernambuco. Recife – PE, 2018.

MATOS, S.P.DE. **Operações Unitárias: Fundamentos, Transformações e Aplicações dos Fenômenos Físicos e Químicos.** 1º Edição. Érica - São Paulo, 2015.

VARRICCHIO, M.C.B.N.; PINTO, L.F.; ANDRADE, E.M.; PELLAGIO, S.S. **Emprego do Avelós (*Euphorbia Tirucalli*) Dinamizado no Tratamento do Câncer.** Revista Homeopatia Brasileira. Rio de Janeiro, 2000.



CAPÍTULO 29

ESTRATÉGIAS INOVADORAS PARA O ENSINO DO MEIO-AMBIENTE

DOI: 10.47402/ed.ep.c202149829097

Pedro Ramos de Azevedo, Graduado em Ciências Biológicas, Universidade Metodista de Piracicaba

Maria José de Oliveira Campos, Doutora em Ecologia e Recursos Naturais, Universidade Estadual Paulista “Julio de Mesquita Filho”


RESUMO

Um dos princípios que compõem a educação ambiental é de restabelecer, para as pessoas de todas as idades, a consciência em relação ao meio ambiente, adquirindo conhecimentos, habilidades e atitudes, para resolver os problemas ambientais existentes na própria comunidade e no contexto geral. Com o intuito de contribuir com o conhecimento e sensibilizar as crianças sobre a importância ambiental foi desenvolvido um jogo de tabuleiro e um teatro de fantoches que tratavam da cadeia alimentar e a importância das espécies chaves mediante os quatro biomas brasileiros. Para a aplicação dessa experiência, estudantes de uma escola municipal em Rio Claro de uma escola particular de Piracicaba se envolveram com a temática. Como resultados foi destacado uma maior adesão acerca do conhecimento socioambiental e conscientização sobre a fauna e a corresponsabilidade cidadã.

PALAVRAS CHAVE: Ambiente – Educação Ambiental – Materiais Didáticos

INTRODUÇÃO

Desde tempos antigos o meio ambiente possibilitou recursos para espécies sobreviverem e sempre que ocorreram algum tipo de alteração, algumas foram se adaptando as mudanças bruscas, enquanto outras foram se tornado extintas. Mas, em se tratando da espécie *Homo sapiens sapiens* e sua história com o meio ambiente vemos o quanto ele continua ligado a ela. A espécie humana conseguiu sobreviver por muito tempo utilizando recursos naturais, porém por meio das descobertas científicas a espécie humana passou a compreender melhor o mundo ao seu redor e como tirar maior proveito dos recursos. Aliado a isso as descobertas científicas e os avanços tecnológicos garantiram que a espécie humana se prospera, porém, podemos observar o quanto o meio ambiente e os seres-vivos sofrem influência e influenciam os avanços tecnológicos, pois grande parte das invenções modernas foram inspiradas na biomecânica, fisiologia e sistemas de organização de muitos seres-vivos. No entanto conforme mostra os relatos históricos e as notícias atuais diversos habitats estão sofrendo com a intervenção humana e com uma população em constante crescimento a uma demanda ainda maior por recurso naturais, indicando a questão principal da educação ambiental.




Frente a esta constatação a educação ambiental tem um papel informativo e formativo na sociedade nos levando a refletir como a educação pode vir a contribuir para desencadear processos de ensino e aprendizagem acerca da preservação da vida, do homem, do mundo e da própria sociedade. Nessa direção que estratégias de ensino e recursos didáticos poderiam ser utilizadas para potencializar o protagonismo dos alunos, o público, a comunidade e a sociedade sobre os impactos ambientais causados pela ação humana, e de que forma podemos preservá-la compreendendo, assim, que os recursos naturais não são fatores ilimitados?

Em 1968, a Unesco realizou um levantamento sobre as escolas e o meio ambiente de mais de 79 de seus países membros, onde a educação ambiental já se encontrava presente em todas as grades curriculares das escolas devido a sua essência interdisciplinar e complexa. Parte deste levantamento apontou que as questões que estão ligadas ao ambiente e seus cuidados fazem parte de um conceito mais arquitetado, englobando aspectos sócios-econômicos, culturais, políticos e éticos, além dos tradicionais como aspectos químicos, físicos e biológicos Telles et all (2002).

Para Telles et all (2002) o grande marco da educação ambiental ocorreu em 1977, com a Conferência Intergovernamental de Educação Ambiental realizada em Tbilisi, Geórgia/CEI, organizada pela UNESCO, com apoio da PNUMA. No encontro foram definidos princípios, estratégias, objetivos e recomendações para o desenvolvimento da Educação Ambiental no mundo, e de apontar o ensino formal como um dos eixos essenciais para atingir as metas estabelecidas. Com passar dos anos a educação ambiental se fortaleceu ganhando espaço dentro das instituições públicas e privadas focadas na conservação e no manejo dos ambientes e de seus recursos, porém é importante lembrar que apenas ela em si não é capaz de solucionar todas dificuldades e interferência humana nos vários ecossistemas, porém ela é considerada como uma ferramenta valiosa na conscientização dos problemas ambientais para com as comunidades e sociedades de países distintos, no qual uma grande parcela ainda carece de conhecimento científico, se baseando no senso comum.

Como foi dito anteriormente a intervenção humana no meio ambiente tem causado graves consequência para a vida selvagem. De acordo com Ceballos (2017 apud Gustinelli,2018) 40% dos 177 mamíferos estudados pela Academia Nacional de Ciências dos Estados Unidos (PNAS) apresentaram um grande declínio e 30% dos mamíferos estudados perderam suas faixas geográficas; 200 espécies de vertebrados entraram em extinção indicando que a taxa de perda de população de vertebrados terrestre é assustadoramente grande. De acordo




com a Lei federal 5197 é exige que todos os livros presentes na rede de ensino tenham em seu contexto de aprendizagem textos que discutem a problemática da proteção de fauna, mas infelizmente esta lei não está sendo seguida pelo Plano nacional do Livro Didático, no qual diz que os livros didáticos oferecidos nas escolas em nível fundamental tenham no mínimo duas aulas anuais que discutem o assunto “Defesa de Fauna”, apontando outro fator perturbante: esse tipo de exigência é feito apenas para o nível de ensino fundamental, desconsiderando os estudantes de ensino médio. (Gustinelli et al.,2018)

A educação ambiental é um processo dinâmico pois é no ambiente em que ocorre a materialização das relações que as pessoas têm entre si e com a natureza, pois o meio apresenta aspectos químicos, físicos, biológicos além de incorporar uma rede de relações políticas, socioeconômica, culturais, ecológicas, estéticas e éticas.

De acordo com Telles et al. (2002, p.37 a 39) no livro intitulado “Vivências integradas com o Meio Ambiente” os objetivos da Educação Ambiental são:

- **Conscientização:** contribuir para que os indivíduos e grupos sociais adquiram consciência e sensibilidade em relação ao ambiente como um todo e a problemas a ele relacionados.
- **Conhecimento:** propiciar aos indivíduos e aos grupos sociais uma compreensão básica sobre o ambiente como um todo, os problemas a ele relacionados, e sobre a presença e o papel de uma humanidade criticamente responsável em relação a esse ambiente;
- **Atitudes:** possibilitar aos indivíduos e grupos sociais condições para as habilidades necessárias à solução dos problemas ambientais.
- **Habilidades:** propiciar aos indivíduos e grupos sociais a aquisição de habilidades necessárias à solução de problemas ambientais
- **Capacidade de Avaliação:** estimular os indivíduos e grupos sociais a avaliarem as providências relativas ao ambiente e aos programas educativos, quanto aos fatores ecológicos, políticos, econômicos, estéticos e educacionais;
- **Participação:** contribuir com os indivíduos e grupos sociais no sentido de desenvolverem senso de responsabilidade e de urgência com relação aos problemas ambientais a fim de assegurar a ação apropriada para solucioná-los

No entanto apesar dos objetivos serem bem claros sobre o papel da educação ambiental dentro e fora da sala de aula é necessário que antes de mais nada seja feita uma análise da



proposta de ensino; pois a educação ambiental apresenta um grande arsenal de metodologias que visam a conscientização de diversos públicos alvos, porém é necessário ter cautela e analisar o tipo e a forma que as informações são transmitidas. Nessa direção Carvalho defende:

A EA surge em um terreno marcado por uma tradição naturalista. Superar essa marca, mediante a afirmação de uma visão socioambiental, exige um esforço de superação de dicotomia entre natureza e sociedade, para poder ver as relações de interação permanente entre a vida humana social e a vida biológica da natureza. Em resumo, a visão socioambiental não nega a base “natural” da natureza, ou seja, suas leis físicas e seus processos biológicos, mas chama a atenção para os limites de sua apreensão como mundo autônomo reduzido a dimensões física e biológica. Trata-se de reconhecer que, para aprender a problemática ambiental, é necessária uma visão complexa de meio ambiente, em que a natureza integra uma rede de relações não apenas naturais, mas também sociais e culturais. Carvalho et al. (2012, p.37 a 38).


A proposta base de todos os projetos que envolvem educação ambiental é de por meio da interdisciplinaridade o público alvo entre em contato com os componentes e seres vivos do meio ambiente, de forma que eles possam adotar uma visão mais científica e sistêmica ao invés de uma visão romantizada e simplificada.

Pois segundo Biagiotto (2018) as relações sociais, as relações entre o homem e o meio ambiente e o conhecimento científico neutro não são estipulados pela razão ou pela natureza, eles surgem por meio de construções políticas e sociais humanas que ocorrem ininterrupto no meio ambiente.

Seguindo a linha de raciocínio de Torres (2014) em se tratando de metodologias integradoras e interdisciplinares a metodologia freireana é utilizada para fazer um levantamento das necessidades e características das comunidades locais, em seguida as informações são codificadas e traduzidas para linguagem formal do desenvolvimento de estrutura didático-pedagógico; logo em seguida ela passa a ser decodificada para uma linguagem mais realista, horizontal e mais acessível em temas de interesse para os educandos; com eixos temáticos apropriados detectados, em seguida ocorre a redução temática, possibilitando temas geradores por meio de conceitos unificadores; o último passo é realizado na sala de aula, como forma de executar, inovar e dialogar com a comunidade de educandos e educadores dentro de um processo de constante reestruturação.

Um dos aspectos que garante que a Educação ambiental possua uma grande quantidade de metodologias envolvendo a praticidade e a interdisciplinaridade se deve ao fato de que ela é capaz de ser realizada em espaços de educação formal, informal e não-formal.

A educação ambiental pode ser aplicada de diversas formas nos espaços mais variados, por meio de diferentes protagonistas. A educação formal é realizada nas instituições oficiais de




ensino, como as escolas por exemplo, e elas devem ser organizada em etapas e com uma estrutura curricular. A educação não-formal, por sua vez, também deve apresentar etapas organizadas, porém diferentemente da educação formal ela ocorre em instituições extraoficiais à rede das escolas, atendendo conteúdos de forma distinta e de diversas naturezas das escolas, com uma periodicidade estabelecida. E por fim a educação informal ocorre dentro dos espaços em que os indivíduos utilizam de forma frequente no seu cotidiano (mercados, rua, casa etc.) personalizando (Gohn, 2006 apud Biagiotto, 2014).

O ato de brincar é um sinal de inteligência visto em muitas espécies de seres-vivos, sendo que em animais da ordem dos mamíferos vemos esse comportamento como uma ação importante pois ela se torna o precursor de comportamentos sociais e de estratégias de sobrevivência, mas em se tratando da espécie humana a atividade principal do indivíduo jovem, brincar, é classificada como toda a ação livre e lúdica conduzida pela criança, e é por meio desse ato é que a criança é capaz de se relacionar com ela mesma, com outras pessoas e com o mundo, possibilitando dessa forma ela é capaz de se desenvolver a capacidade de tomar decisões e expressar valores e sentimentos. As atividades lúdicas consistem em modelos que utilizam representações de conceitos ou eventos que não são capazes de serem realizados por meio da experimentação por apresentarem grandes riscos de serem observadas de formas práticas e devido e alto grau de complexidade.

Dito isso vemos hoje em dia uma grande demanda por matérias lúdicas, porém como qualquer outro material eles precisam ser montados, refletidos e examinados antes mesmo de serem utilizados dentro dos ambientes de ensino, também é importante durante o processo da montagem do material lúdico lembrar a razão pelo qual foram fabricados Garon et all (1996). Para que possa haver uma classificação e uma aprovação sobre os tipos de jogos lúdicos o sistema ESAR realiza uma proposta de analisar os objetos dos jogos de forma que eles não apenas sejam melhorados, mas também proporcionar uma melhor compreensão para a criança ao fazer o ato de brincar, portanto, este tipo de análise é feito para julgar as contribuições psicológicas e pedagógicas das ferramentas manuais dos jogos, de acordo com as etapas do seu desenvolvimento Garon (1996).

De acordo com Garon (1996) o modelo ESAR utiliza documentos da psicologia e da ciência, permitindo dessa forma a formação de categorias nítidas e precisas. As facetas que compõem o sistema ESAR estão relacionadas com as categorias dos jogos, nos quais são: E – para os jogos de exercícios focados no desenvolvimento motor e sensorial das crianças, e esse



tipo de jogo pode se estender a até a idade adulta; S – jogos que utilizam simulação e a representação de um objeto para transmitir os conceitos, leis e teorias de determinados temas, por meio desta metodologia esse jogos são classificados como simbólicos; A – jogos que trabalham a arranjo de sistemas e a subsequência de determinado tema por meio da acoplagem; R- uma das categorias mais utilizadas por crianças entre quatro a sete anos, adolescentes e adultos por demonstrarem um grande interesse em jogos que desenvolvem pensamentos dedutivos, estratégicos e lógicos.

Assim, a proposta dessa atividade foi explicar os conceitos e sistemas da relação presa e predador; as ameaças que espécies chaves e predadores topos de cadeia sofrem com a intervenção humana dentro dos diferentes biomas da fauna brasileira para crianças de diferente faixa etária por meio de metodologias diferenciadas e matérias lúdicos, com categorias diferenciadas de acordo como o sistema ESAR, dentro de espaços formais.

MATÉRIAS E MÉTODOS

Das quatro categorias do sistema ESAR, dois jogos foram montados para avaliar as diferentes metodologias diferenciadas de ensino dentro de um espaço de ensino formal, usando duas categorias, em todas as atividades foi utilizado apresentações de Power Point com slides que continham animação e efeito sonoros. Para estudar a eficácia dos jogos lúdicos que focam no desenvolvimento

O primeiro jogo está inserido na categoria A, para o jogo / brincadeira da Acoplagem / Montagem, onde peças agrupadas passam a fazer parte da construção de um todo com novo significado. O jogo trabalha o conceito da cadeia alimentar de diversos biomas brasileiros e como a interferência humana se torna um desafio para os animais e uma ameaça para diversos habitats. Após a explicação teórica será realizado um jogo de tabuleiro, as crianças serão divididas em 4 grupos, cada grupo receberá um tabuleiro de um determinado bioma brasileiro e personagens que se encontram inseridos nesse bioma. Cada personagem apresenta habilidades que podem ajudar ou atrapalhar sua jornada; todos os personagens possuem cinco vidas com exceção dos predadores topo de cadeia que apresentam 3 vidas, quando dois animais estiverem na mesma casa aquele que estiver mais abaixo da cadeia alimentar perde uma vida; porém no decorrer dos jogos a casas especiais que podem auxiliar os personagens, de acordo com as necessidades da sua espécie e há também casas com armadilhas naturais e armadilhas relacionadas a intervenção humana no ambiente. O objetivo do jogo é chegar do outro lado o

animal que chegar em primeiro lugar ganha, porém, os demais jogadores devem continuar jogando até que todos tenham completado a jornada.



Figura 1: Tabuleiro e personagens da Floresta Amazônica



Figura 2: Tabuleiro da Floresta Amazônica



Figura 3: Tabuleiro e Personagens do Cerrado



Figura 4: Tabuleiro do Cerrado feito por meio do Powerpoint



Figura 5: Tabuleiro e Personagens do Litoral Brasileiro



Figura 6: Tabuleiro do Cerrado feito por meio do Powerpoint



Figura 7: Tabuleiro e Personagens do Pantanal



Figura 8: Tabuleiro do Pantanal feito por meio do Powerpoint

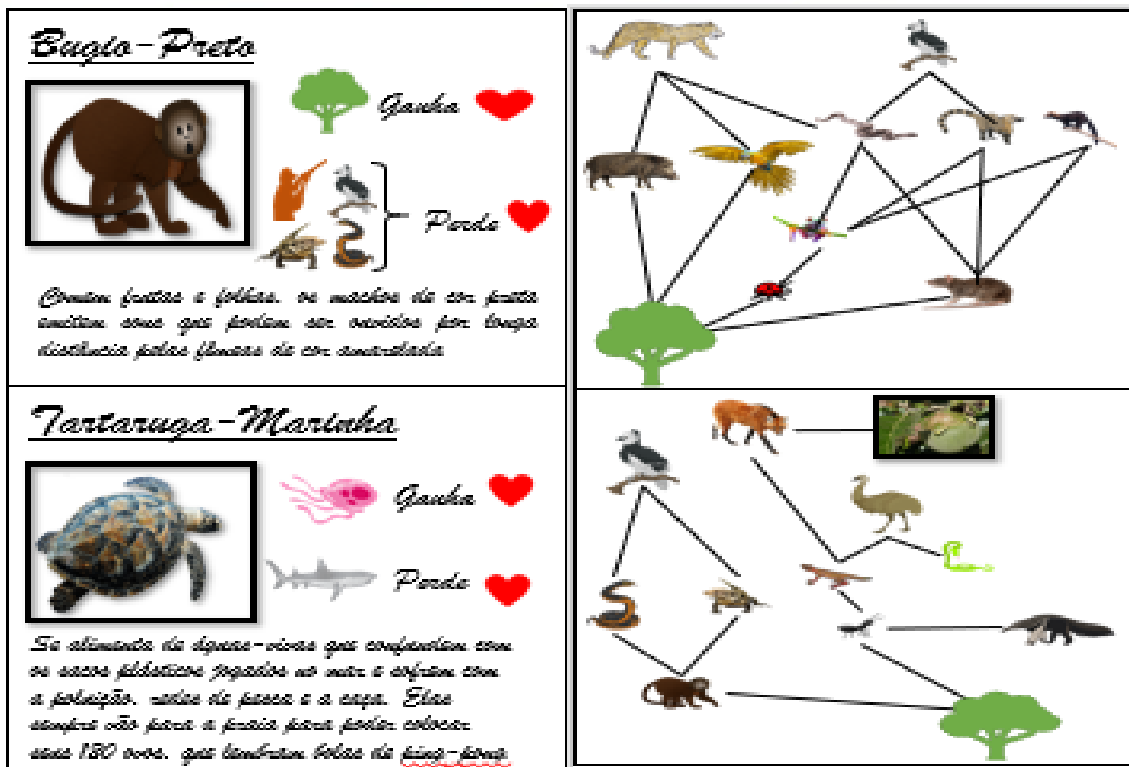


Figura 9: Personagens e Fichas feito por meio do Powerpoint

No dia 17 de novembro o pesquisador esteve numa escola municipal de Rio Claro acompanhado de duas estagiárias da curso de pedagogia de uma universidade pública , para poder testar os jogos da categoria S, no caso os tabuleiros ;11 alunos com idades de 9 a 10 anos participaram da atividade ,é importante ressaltar que o grupo de crianças que estava participando da atividade apresentavam dificuldade em escrita e leitura e que foi difícil chamar a atenção das crianças para a atividade pois no dia à escola estava tendo uma atividade com brinquedos infláveis durante o intervalo .Depois de uma apresentação sobre as diversas adaptações dos animais nos diferentes biomas foi apresentado o jogo de tabuleiro para as crianças, eles foram separados em 4 grupos para testar a dinâmica do jogo entre os 4 tipos diferentes de biomas brasileiros: floresta amazônica ,cerrado ,região costeira e pantanal. A duração do jogo foi de 10 a 15 minutos e depois de 3 rodadas dos 4 grupos e antes deles serem liberados para o intervalo, o pesquisador queria saber a opinião dos alunos em relação ao jogo, Todos os alunos acharam o jogo muito interessante e divertido, mostrando-se bastante positivo os resultados.



Figuras 10: Alunos com idades de 9 a 10 anos jogando o jogo de tabuleiro dos biomas da floresta Amazônica, Cerrado e Região Costeira

A última atividade está inserida na categoria S que trabalha o processo de aprendizagem por meio de representações de objetos e simbolismo para transmitir teorias e leis, a atividade consiste num teatro de fantoche; o teatro promove uma simulação dos aspectos do cotidiano dentro de um contexto favorável ao exercício da ludicidade. Na esfera da educação básica o teatro pode ajudar crianças e internalizar regras de conduta, valores, modos de agir e de pensar de seu grupo social (Rego, 2001. Dantas, Santana, Nakayama, 2012). De acordo com Rafael Sol: “Com o boneco em mãos, o professor poderá alfabetizar, contar histórias, ministrar aulas de geografia, ciências, histórias, matemática etc.” A atividade se inicia com o educador/pesquisador contando sobre sua atuação profissional numa viagem de faz de conta; auxiliado pela apresentação de Power point com slides animados e vídeos editados de animais presentes em instituições zoológicas, no qual o próprio pesquisador visitou e realizou o trabalho de estágio em um deles, e junto com a coleção taxonômica, mais um livro de fotografia da mata atlântica, o autor conta sobre a beleza da fauna nacional e exótica, ele também retrata sobre a interferência humana nos diversos países, incluindo o Brasil, como a poluição, desmatamento, aquecimento global, caça ilegal, tráfico de animais e entre outros. Em seguida o autor utiliza um fantoche de onça-pintada (*Panthera onca*), apelidado de Kopa (de forma que pudesse direcionar a atenção dos alunos para algo semelhante ao esporte do futebol e ao mesmo tempo ser um nome unissex) no qual por meio dele conta sobre as características físicas e comportamentais da espécie, seu papel ecológico e as ameaças que elas enfrentam; um fantoche grande permite criar a ilusão de tamanho, um dos braços é utilizado para permitir a movimentação e a fala do boneco, dando características antropomórficas ao personagem, enquanto o outro braço é colocado embaixo do boneco dando a ilusão de peso do animal.



Figura 11: Fantoches de onça-pintada (*Panthera onca*)

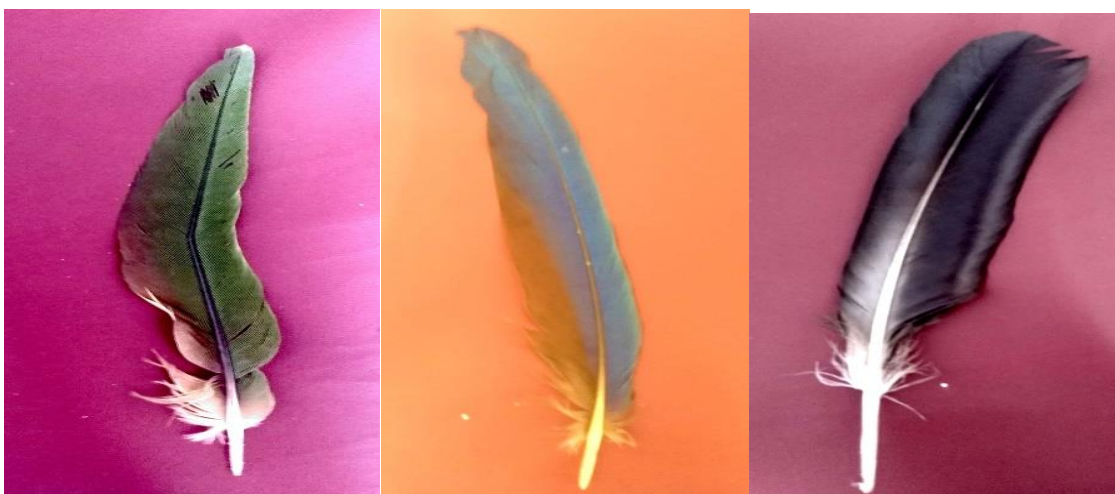


Figura 12: Penas de aves selvagens: maritaca (*Pinus*), arara-vermelha (*Ara chloropterus*) e urubu-de-cabeça-preta (*Coragyps atratus*).

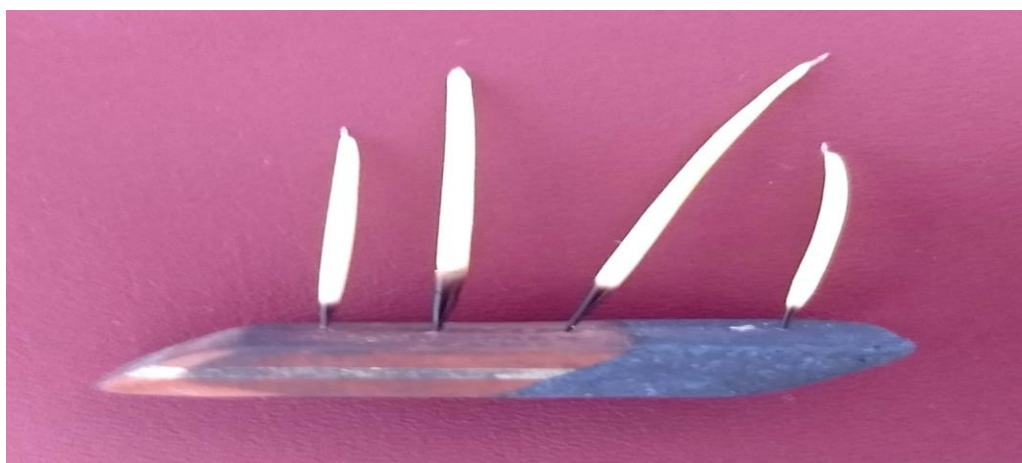


Figura 13: Espinhos de ouriço-cacheiro (*Coendou prehensilis*)



Figura 14: Bico e concha interna de uma lula-comum (*Loligo vulgaris*), a tinta de lula é feita de cartucho.

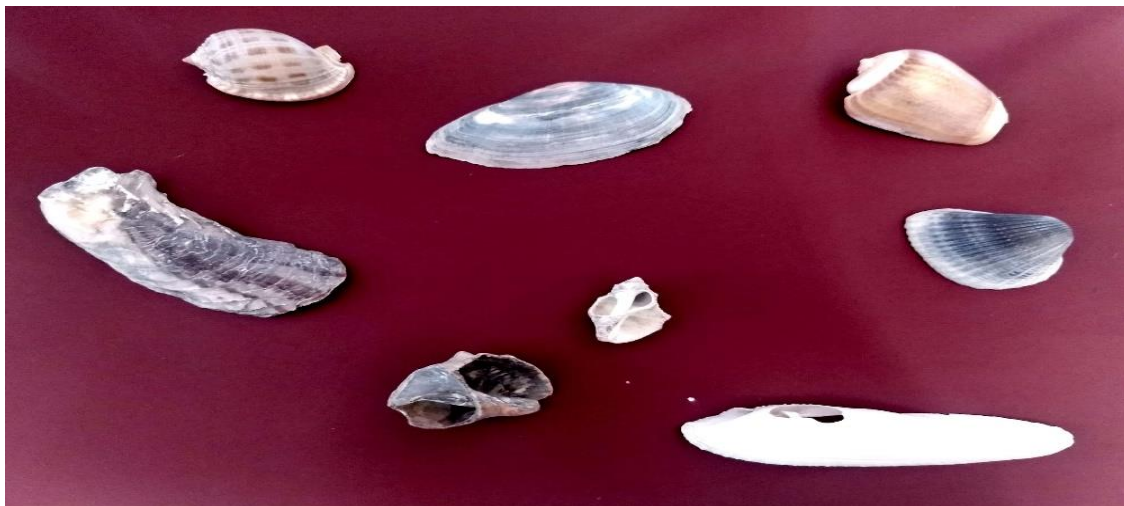



Figura 15: Conchas de bivalves e de gastrópodes marinhos



Figura 16: Ecdise de uma cobra-milharal ou cornsnake (*Pantherophis*)



No dia 29/11/2019 o pesquisador esteve numa escola de educação infantil, localizada na cidade de Piracicaba onde desenvolveu a atividade do fantoche e de contador da história. O pesquisador trabalhou com as crianças e professoras com 6 turmas do pré I, II e maternal II com faixa etária de 3 ,4 e 5 anos.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

As crianças estavam tímidas no início, mas se comunicaram logo em seguida. Surgiram várias dúvidas e questionamentos interessantes sobre certas espécies de animais desde a organização da teia alimentar, tipos de biomas, diferença entre flora e fauna, e a quantidade de animais extintos no Brasil.

Outro dado interessante foi visto em relação aos personagens no tabuleiro da região costeira: houve de início um baixo nível de interesse em relação ao personagem da tartaruga, porém quando o pesquisador explicou a “habilidade especial” desse personagem (em que se ele chegar primeiro a praia ele pode decidir qual dos outros jogadores podem ficar uma rodada sem jogar, devido ao fato de ser um animal em risco de extinção) o interesse pelo animal foi muito maior.

Foi registrado durante a atividade há fala de um dos alunos:

“Lá fora está legal, mas aqui está divertido também” (5º ano)

“ Não sabia que tinha tantos problemas na floresta” (4º ano)

“ Eu gostei da tartaruga, ela é especial” (4º)

Alguns dias depois dos testes dos protótipos, o pesquisador recebeu ilustrações artísticas inspiradas no design e nas informações do jogo, todas elas desenvolvidas pelos alunos que participaram da atividade.



Figura 17: O Pesquisador recebeu 11 ilustrações artísticas desenvolvidas pelos alunos que participaram da atividade, todas inspiradas no design e nas informações do jogo.

Na escola de educação infantil, foi percebido, durante as apresentações que as crianças ficaram surpresas com o fato de que grandes predadores como a onça-pintada consomem animais rurais, como por exemplo bovinos, gerando conflito entre os fazendeiros locais. E foi levantado o fato de que o dia 29/11/2019 era o dia internacional da onça. As crianças das 6 turmas cantaram parabéns para o fantoche em celebração a este dia e depois disso cada uma das crianças abraçaram o fantoche de forma bem afetiva e amorosa.



Figura 18: Depois da apresentação cada uma das crianças do pré I, II e do maternal II abraçaram o fantoche



CONCLUSÃO

As atividades propostas pelo pesquisador foram muito bem recebidas nas escolas e geraram interesse muito grande das crianças para fatos de ciência natural acopladas com elementos de diversão mediatizadas por sentimentos de empatia, mesmo numa idade precoce até mesmo para aqueles que apresentavam alguma dificuldade em relação à escrita e a gramática. Junto a isso, gerou, também, uma compreensão significativa sobre os problemas ecológicos que as ações humanas causam dentro e fora dos biomas brasileiros e quais são as atitudes que podem contribuir para a conservação e a preservação dos recursos naturais e das espécies que corre risco de extinção.

Acredito que trabalhos como estes devem ter mais espaços institucionalizados junto aos docentes e equipe pedagógica pois;

- a) Possibilita melhor entendimento sobre as diversas adaptações dos animais.
- b) Apreende novos conhecimentos sobre espécies chaves e topo de cadeia, junto com os impactos da intervenção humana de forma direta e indireta nos biomas brasileiros
- c) Gera maior inclusão social
- d) Mobiliza o estudante para fazer novas relações ampliando o espectro do conhecimento, habilidades e atitudes em diferentes áreas.
- e) Incentiva habilidades artísticas e culturais.

REFERÊNCIAS

BIAGIOTTO, R.H. Formação de Agentes ambientais em diferentes espaços profissionais. 45f. Trabalho de Conclusão de Curso (Especialização em Gerenciamento ambiental) Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz – ESALQ/USP. Piracicaba.2018

CARVALHO, Isabel Cristina de Moura. Educação Ambiental a Formação do Sujeito Ecológico. 6ª. São Paulo, Cortez, 2012.

DANTAS, S.M. O, SANTANA, R. A, NAKAYAMA.L. Teatro de fantoches na formação continuada docente em educação ambiental. 16f.trabalho de dissertação – Instituto de Ciências biológicas, Universidade Federal do Pará.Belém.2012.

GARON, D. (1996). Classificação e análise de materiais lúdicos: o sistema ESAR. Em A. Friedmann, C. Aflalo, C. M. R. J. de Andrade & R. Z. Altman (Orgs.), O Direito de Brincar (pp. 173-186). São Paulo: Scritta



GUSTINELLI, R.M Defesa de Fauna Silvestre abordado nos livros didáticos aprovados pelo PNL/2018.32f.Trabalho de Conclusão de Curso de Ciências Biológicas -Bacharelado da Universidade Metodista de Piracicaba – UNIMEP Taquaral.Piracicaba.2018

TELLES, Marcelo de Queiroz. Vivências integradas com o Meio Ambiente. São Paulo: Editora, Sá, 2002

TORRES, J. R.; FERRARI, N.; MAESTRELLI, S. R. P. Educação ambiental crítico-transformadora no contexto escolar: teoria e prática freireana. In: Educação ambiental: dialogando com Paulo Freire. Carlos Frederico B. Loureiro e Juliana Rezende Torres (orgs.). Cortez Editora, São Paulo. 2014.



CAPÍTULO 30

CIDADES E COMUNIDADES SUSTENTÁVEIS: COMO A CONTROLADORIA SOCIOAMBIENTAL PODE CONTRIBUIR PARA OS OBJETIVOS DO DESENVOLVIMENTO SUSTENTÁVEL ATÉ 2030

DOI: 10.47402/ed.ep.c202157230097

Stephane Louise Boca Santa, Doutoranda em Administração, UNISUL
Rodolfo Santa Maria de Souza e Silva, Graduando em andamento em Relações Internacionais, UNISUL

Samara da Silva Neiva, Doutoranda em Administração, UFSC
José Baltazar Salgueirinho Osório de Andrade Guerra, Professor, UNISUL

RESUMO


A Agenda 2030 é composta por 17 objetivos de DS, entretanto, nesta pesquisa o foco de estudo são as cidades e assentamentos sustentáveis. Ciente de que todas as áreas de estudo devem contribuir para o DS, este estudo tem o objetivo de apresentar como a controladoria socioambiental pode contribuir para os objetivos da Agenda 2030, com vistas ao objetivo 11. A metodologia quanto aos objetivos é descritiva, pois, considera-se como objeto de estudo as publicações internacionais sobre cidades sustentáveis e ODSs. No que se refere aos procedimentos técnicos, é bibliográfico, já que o foco de análise são artigos. E quanto à abordagem do problema qualitativa, utilizando como ferramenta a análise de conteúdo. Concluiu-se, portanto, que a controladoria pode contribuir para os ODSs de cidades e assentamentos, e que há uma série de ferramentas e métodos para realizar a avaliação, gestão e controle destas cidades. Esta pesquisa ficou limitada ao método utilizado para análise, aos anos determinados e aos artigos coletados. Outra limitação é que os artigos são originalmente da língua inglesa e foram traduzidos para a análise.

PALAVRAS-CHAVE: Cidades e comunidades sustentáveis; Controladoria Socioambiental; Desenvolvimento sustentável.

1 INTRODUÇÃO

A Agenda 2030 para o Desenvolvimento Sustentável (DS) é um plano de ação para obter a prosperidade entre as pessoas e o planeta, além de visar pela paz universal. Os países interessados irão implementar este plano de forma colaborativa. A Agenda 2030 é composta por 17 objetivos de DS, com 169 metas, visando pelos direitos humanos, igualdade de gênero, empoderamento das mulheres e sustentabilidade em suas três dimensões: econômica, social e ambiental (ONU, 2019).

O conceito de DS se cristalizou com o passar do tempo, a partir de um profundo debate científico internacional e ganhou conotações políticas e precisas no que tange a globalização, ele é um conceito holístico que combina aspectos de diversas áreas como econômica, social e



ambiental (DURAN et al, 2015). O mesmo exige esforços concertados para a construção de um futuro inclusivo, sustentável e resiliente para as pessoas e o planeta, atualmente faz parte integral da agenda de diversas instituições, principalmente da Organização das Nações Unidas (ONU), onde as suas metas se tornaram a principal missão mundial (UNITED NATIONS, 2018b, BETTENCOURT; KAUR, 2011, BOND; MORRISON-SAUNDERS, 2011).

A pesquisa deste artigo estará focada na especialmente na dimensão ambiental (gestão, financeira), com vistas para o objetivo 11, que é “tornar as cidades e os assentamentos humanos inclusivos, seguros, resilientes e sustentáveis”. Diante da dimensão deste objetivo, o tema será limitado ainda, a cidades sustentáveis.

A controladoria socioambiental por sua vez vem evoluindo com novas utilidades e métodos de gestão da contabilidade ambiental. Segundo Pfitscher (2014, p. 13) “a contabilidade ambiental integra o rol de instrumentos da gestão ambiental e incorpora um conjunto relativamente novo de ferramentas de gestão”.

A contabilidade da gestão ambiental prevê a transmissão de dados de várias áreas da contabilidade, como contabilidade financeira, contabilidade de custos, contabilidade tributária (dependendo do incentivo dado pelo governo para a Responsabilidade Social e Ambiental) para assim, aumentar a eficiência de materiais, reduzir riscos, impactos ambientais, multas ambientais, custos de proteção do meio ambiente, entre outras.

A contabilidade, portanto, pode auxiliar nos objetivos da Agenda 2030. Tornar cidades sustentáveis é uma tarefa que exige a colaboração de diversas áreas do conhecimento, não somente engenheiros, mas um conjunto de profissionais, especialmente porque uma das dimensões propostas pela ONU é a econômica. E ser sustentável implica em ser economicamente sustentável.

Com base neste contexto, este estudo tem o objetivo de apresentar como a controladoria socioambiental pode contribuir para os objetivos do desenvolvimento sustentável até 2030, com vistas ao objetivo 11.

2 REFERENCIAL TEÓRICO

Este tópico está dividido em Cidades Sustentáveis; Gestão de Cidades Sustentáveis; e Objetivos do DS, visando trazer conceitos e pesquisas relacionadas ao tema pesquisado.



2.1 CIDADES SUSTENTÁVEIS


Com a rápida urbanização e crescimento da população o ambiente acaba sendo deixado de lado, visto que serão necessários mais recursos básicos como água, energia, saneamento básico, emprego para a população, poluição do ar, aumento do tráfego, expansão urbana não planejada e aumento das favelas. Estas situações deixam o mundo mais propenso a desastres, deste modo, a construção de cidades sustentáveis é de extrema importância para a sobrevivência das futuras gerações (OMISORE, 2018, KLOPP; PETRETTA, 2017).

As cidades são como uma comunidade que estão sob uma determinada delimitação administrativa, normalmente referida como uma cidade, municipalidade ou governo local (JURASCHEK et al., 2018). As cidades se diferem no tamanho, número de habitantes, ideologias, culturas, estrutura, entretanto existem características que as define da mesma forma, e uma delas é a crescente busca por um DS que traga para os seus habitantes uma melhor qualidade de vida, com a possibilidade de manutenção deste estilo de vida por um tempo indeterminado (SOFESKA, 2016).

Normalmente as cidades são associadas com os seus habitantes, entretanto fatores ambientais e socioeconômicos também fazem parte de sua caracterização sendo que as quantidades destes elementos são específicas para cada cidade. Infraestrutura, instalações perante a sociedade, instalações educacionais, varejo, habitação, saúde, espaços abertos e comerciais, indústrias e fábricas são exemplos destas funcionalidades (BOND; MORRISON-SAUNDERS, 2011, THORNBUSH; GOLUBCHIKOV; BOUZAROVSKI, 2013).

Em 2016 cerca de 50% da população mundial residia em cidades, e estimativas mostram que em 2050 aproximadamente 67% da população mundial irá residir em centros urbanos, o que acarretará na criação de mais metrópoles devido às oportunidades que o mesmo proporciona, como melhores possibilidades de emprego, acesso à educação, ou o desejo por uma vida mais saudável com mais diversidade de entretenimento (YANG; XU; SHI, 2017, BAI et al., 2016).

A rápida expansão do crescimento mundial tem exercido pressão sobre o suprimento de água potável, saúde, qualidade de vida e tratamento de resíduos, aumento da pobreza, estresse social, alteração da dinâmica espacial urbano, influência nas mudanças climáticas (IBRAHIM; EL-ZAART; ADAMS, 2018, STEG; GIFFORD, 2005). As cidades também são responsáveis pelo consumo de 70% dos recursos disponíveis, a maioria da energia gerada, além da grande contribuição com a emissão dos gases de estufa que ocorre principalmente nos setores de



indústria, transporte e construções, que está diretamente relacionado com a alta densidade urbana (BIBRI; KROGSTIE, 2017, FUTCHER et al., 2017).

Deste modo a ideia de cidades sustentáveis não pode mais ser consideradas apenas como um ideal, mas deve ser implementada no mundo todo, e o planejamento urbano sustentável é algo que pode ser considerado como relativamente novo, onde as cidades buscam incorporar em seus planos estratégicos ações que contribuam para o DS, ou seja as cidades sustentáveis podem ser consideradas como um novo modelo, sendo uma escala global para o DS mundial (SUSTAINABLE CITIES INTERNATIONAL, 2012, BOND; MORRISON-SAUNDERS, 2011).


O conceito de Cidades Sustentáveis inclui a noção de que o ambiente urbano deve ser capaz de garantir à população suas necessidades básicas, como moradia, higiene e transporte. Isso é difícil de garantir especialmente em países em desenvolvimento, onde é comum uma superpopulação, e a falta de recursos para prover a necessidades de todos pode gerar consequências diversas, incluindo até apagões elétricos, como acontece no Brasil (RIBEIRO et al., 2018).

Uma cidade sustentável ainda pode ser definida como aquela sustentável no longo prazo, que emite pouca poluição ao mesmo tempo que supre as necessidades de seus cidadãos de forma eficiente, provendo qualidade de vida (BATTEN, 2016). Deste modo garantir o DS nas cidades é um fator crucial para a manutenção da vida humana na terra; a partir disso este trabalho tem como objetivo principal analisar qual a contribuição teórica acerca da criação de cidades sustentáveis. Para responder esta pergunta a pesquisa foi realizada através de uma revisão sistemática da literatura e de uma metassíntese qualitativa.

2.2 GESTÃO DE CIDADES SUSTENTÁVEIS

Tanto por motivos voluntários de adesão a sustentabilidade, quanto por exigências governamentais, as empresas necessitam cada vez mais se ajustar aos princípios de sustentabilidade ambiental. Com isso, a necessidade de formas de mensuração e gestão é uma realidade e muitos pesquisadores dedicam-se a isto.

Pfitscher (2014) apresenta o Sistema Contábil Gerencial Ambiental – SICOGEA. Dando continuidade aos seus estudos e já com foco em cidades sustentáveis, mais especificamente edifícios sustentáveis, Boca Santa (2017) apresenta o Modelo de Avaliação Gerencial para Edifício Sustentável – MAGESTAL, considerando uma vasta literatura internacional que vai de Velazquez et al. (2006) até a literatura publicada em meados de 2017.



Segundo Boca Santa (2017) a gestão ambiental inclui também práticas e procedimentos financeiros com vistas à implementação dos objetivos socioambientais, tais como, escolher as formas menos onerosas de cumprir as metas que as empresas venham a ter, além do controle financeiro e do controle patrimonial.

Se a contabilidade é relevante e necessária para as empresas, quem dirá a uma cidade inteira, projetada cautelosamente para atender as três dimensões: econômica, social e ambiental. Essa tarefa exige indicadores claros e objetivos e constante revisão e controle, visando pela melhoria contínua, assim funcionam grande parte dos Sistemas de Gestão Ambientais.


A contabilidade possui as ferramentas apropriadas para a gestão e controle de cidades sustentáveis, é uma questão de adaptar as ferramentas para diversas realidades ou ainda, consultar a literatura e as novas pesquisas que apresentam cada vez mais formas de gerenciamento e avaliação da sustentabilidade e com isso, certamente, auxiliar aos objetivos do DS.

Um adendo para o fato de que ainda há empresas e gestores que não consideram importante o trabalho do contador, especialmente quando se refere a contabilidade ambiental. Porém, este fato pode ser revertido quando a contabilidade apresenta benefícios aos gestores, principalmente financeiros.

2.3 OBJETIVOS DO DESENVOLVIMENTO SUSTENTÁVEL

Quando se trata do grande objetivo que é implementar o DS no mundo, muitos fatores entram em consideração. Não apenas as áreas que envolvem o DS, mas também o que isso significará para as instituições humanas etc. Uma multiplicidade de fatores é essencial para que o processo funcione adequadamente e como pretendido e, com isso em mente, as Nações Unidas fizeram uma lista de 17 objetivos essenciais para alcançar o DS desejado. Esta lista inclui tanto questões humanas (fome mundial, pobreza, infraestrutura urbana, etc) e tópicos em torno da natureza (preservação da vida terrestre e aquática, ação contra a mudança climática, etc.), todos oficialmente chamados de Objetivos de Desenvolvimento Sustentável (ODSs).

No entanto, estes objetivos também possuem um limite de tempo. A maioria dos objetivos só pode ser realizada tendo os resultados desejados até 2030 ou até menos. Isso se deve principalmente aos cientistas estimar que o planeta esteja chegando cada vez mais perto de atingir uma temperatura global que, se os governos não começarem a reduzir sua poluição, será muito alta e começará a causar consequências inevitáveis ao planeta e, inevitavelmente, a humanidade também.



Um dos efeitos óbvios será uma perda muito maior da biodiversidade. Com a temperatura atingindo novas alturas, a vida animal e vegetal adaptada ao clima frio será consideravelmente danificada e possivelmente extinta. Isso seria mais evidente na Antártica, que já sofre com o derretimento de suas calotas polares.

Por associação com a Antártica, com as calotas polares derretendo, misteriosos organismos antigos -vírus - que nenhum ser vivo atual pode ter uma defesa, podem ser liberados do gelo, o que pode ter vários resultados imprevisíveis para toda a vida no planeta. Outro perigo ligado à região é como, com o degelo, os oceanos se elevarão, podendo trazer perigos a regiões costeiras em muitos países.


Com todos esses riscos colocados aqui, é muito preocupante que ainda estamos para ver uma maior mobilização com a causa quando estamos em 2019. Embora os ODSs mais básicos sempre venham à mente primeiro devido a seus objetivos simples, alguns são percebidos como necessitando de mais elaboração. Um exemplo disso é o objetivo 11: Tornar as cidades e os assentamentos humanos inclusivos, seguros, resilientes e sustentáveis.

As cidades sustentáveis são cidades projetadas ou redesenhadas tendo em mente o objetivo do DS, ao planejar uma cidade com a mentalidade de criar um local que traga harmonia entre o humano e a natureza. Eles não devem ser confundidos com as cidades inteligentes, pois, de acordo com Yigitcanlar e Kamruzzaman (2018), embora possam trazer algum nível de sustentabilidade, elas geralmente se concentram mais na implementação de tecnologias dentro da cidade que não necessariamente contribui para a meta de ser sustentável.

No entanto, embora as ODSs possam trazer altos resultados benéficos para os seus cidadãos e o ambiente em que elas se encontram, ao abordar várias ODS nos elementos de uma cidade (como no tratamento e distribuição de água, consumo e produção de energia, etc), de acordo com a pesquisa de Maysoun Ibrahim, Ali El-Zaart e Carl Adams (2019), o processo de cria-la é contínuo, árduo, e de longo prazo, requerendo mudanças em todas as áreas da cidade e necessitando de um roteiro completo de como as mudanças ocorrerão e o que elas causarão.

3 METODOLOGIA

A metodologia quanto aos objetivos é descritiva, pois, considera-se como objeto de estudo as publicações internacionais sobre cidades sustentáveis e ODSs. No que se refere aos procedimentos técnicos, é bibliográfico, já que o foco de análise são artigos. E quanto à abordagem do problema qualitativa, utilizando como ferramenta a análise de conteúdo. Já a



trajetória metodológica divide-se em três fases: (1) busca estruturada por artigos publicados; (2) fundamentação teórica; (3) análise do material coletado.

Para a busca estruturada por artigos publicados, utilizou-se como base de dados a Science Direct. Inserindo a expressão booleana (ACCOUNTING OR CONTROLLER) END (SUSTAINABLE CITIES). Resultando em 87 mil artigos, ordenados por relevância. Utilizou-se somente artigos de pesquisa. Evitou-se artigos de revisão, pois, este já é um artigo de revisão, assim selecionou-se a opção "Research articles", obtendo 60.941 de resultados. Selecionou-se ainda, os anos de 2017, 2018 e 2019. Assim, o resultado ficou em 15.123.

A fundamentação teórica foi abordada aqui de forma breve uma vez que esta pesquisa faz parte de um estudo maior e por isso optou-se por focar somente no que for necessário para o entendimento e compreensão do tema, e não, ao estado da arte. Abordaram-se os temas Gestão de Cidades Sustentáveis e ODSs.

Por fim, para a análise de conteúdo utilizou-se como técnica de tratamento de dados, a análise de conteúdo, com base em Bardin (2011). Segundo Bardin (2011, p. 38) “a análise de conteúdo aparece como um conjunto de técnicas de análise das comunicações, que utiliza procedimentos sistemáticos e objetivos de descrição do conteúdo das mensagens”.

Ainda conforme o Bardin (2011, p. 38) “a intenção da análise de conteúdo é a inferência de conhecimentos relativos às condições de produção (ou, eventualmente, de recepção), inferência esta que ocorre a indicadores (quantitativos ou não)”, nesta pesquisa, será analisado artigos referentes ao tema sustentabilidade nas universidades, buscando fazer uma inferência do que seja uma universidade sustentável. Bardin (2011) prevê três fases fundamentais da utilização da análise de conteúdo: pré-análise; exploração do material; e tratamento dos resultados (inferência e interpretação).

4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Neste tópico será apresentado o resultado das três fases fundamentais da utilização da análise de conteúdo: pré-análise; exploração do material; e tratamento dos resultados (inferência e interpretação) propostas por Bardin (2011).

4.1 ANÁLISE DE CONTEÚDO – 1º FASE: PRÉ-ANÁLISE

Na primeira fase estabeleceu-se como esquema de trabalho, adotar como procedimento de coleta de dados, uma busca estruturada por artigos relevantes. A leitura do resumo dos artigos resultou em 21 artigos relacionados à temática. Posteriormente, realizou-se a leitura

integral dos artigos, resultando em 11 artigos focados em ferramentas de gestão ambiental para cidades sustentáveis. O Quadro 1 apresenta os autores selecionados com o ano da publicação, também o objetivo do artigo e os principais resultados, além da revista de publicação.

Quadro 1: Banco de artigos coletados

Autores	Ano	Objetivo	Principais Resultados	Revista
YANG, Yifan et al	2018	Formular uma estrutura de Gerenciamento de Ativos de Infraestrutura (GAI)	Estrutura desenvolvida	<i>Sustainable Cities And Society</i>
Deng, Peng e Tang	2019	Método para avaliar instantaneamente a sustentabilidade do ambiente urbano construído, identificando pontos fortes e fracos das cidades ano a ano.	Avaliação de desempenho	<i>Cities</i>
Bebbington, Russell e Thomson	2017	Fornecer uma reflexão	Reflexão	<i>Critical Perspectives On Accounting</i>
Carli, Dotoli e Pellegrino	2018	Aplicação da técnica de tomada de decisões multicritério do Processo de Hierarquia Analítica.	Avaliação de desempenho	<i>Journal Of Environmental Management</i>
Alkhalidi et al.	2018	Desenvolver Modelo de cidade	Projeto de cidade sustentável na Jordânia	<i>Sustainable Cities And Society</i>
Reis et al.	2019	Um sistema de avaliação é desenvolvido para medir a sustentabilidade	Mapeamento cognitivo e o processo de hierarquia analítica	<i>Sustainable Cities And Society</i>
Zhang, Yuan e Tian	2019	Avaliação do nível de desenvolvimentos de 5 cidades	Crescimento significativo durante o período do estudo	<i>Journal Of Cleaner Production</i>
Marquez-ballesteros et al.	2019	Avaliar a melhoria na sustentabilidade energética urbana	Foi proposta a criação do Índice de Sustentabilidade da Energia Urbana (UESI)	<i>Sustainable Cities And Society</i>
Yigitcanlar e Kamruzzaman	2018	Investigar se cidades inteligentes têm contribuído consideravelmente para as agendas locais de sustentabilidade.	Os resultados revelaram que não há uma correlação positiva entre adoção de tecnologia e resultados sustentáveis nessas cidades.	<i>Land Use Policy</i>
Ahvenniemi et al.	2017	Analisaram-se as diferenças de avaliação de desempenho da cidade inteligente e sustentável.	As cidades inteligentes, têm a sustentabilidade representada com indicadores ambientais sub-representados.	<i>Cities</i>
Ibrahim, El-zaart e Adams	2018	Propor um novo modelo lógico teórico para a transformação em direção a Cidade Inteligente Sustentável.	Proposta de um novo roteiro de transformação de cidade Inteligente	<i>Sustainable Cities And Society</i>



			para Cidades Inteligente Sustentável.	
--	--	--	---------------------------------------	--

Fonte: Dados da Pesquisa (2019)

Dos artigos coletados, 2 são de 2017; 5 artigos são de 2018; e 4 artigos de 2019 (ano corrente). Percebe-se com isso, que a temática tem sido abordada de forma crescente pela literatura, embora em 2019 houveram apenas 4, porém, trata-se do ano corrente e outros artigos poderão até o final do ano, serem publicados. A revista que mais publicou (dentro desta amostra) foi *Sustainable Cities And Society* com 5 publicações; seguida de *Cities*, com duas publicações. Ainda, todos os artigos atenderam nos resultados o que se propunha nos objetivos, porém, a análise de resultados e objetivos será feita mais criteriosamente em tópico futuro.

O recorte utilizado nesta etapa foi basicamente às conclusões de cada pesquisa, pois nas conclusões geralmente há uma revisão dos objetivos, seguidos dos principais resultados. Porém, sempre que necessário (rever siglas e conceitos) voltou-se ao material como um todo.

4.2 ANÁLISE DE CONTEÚDO – 2º FASE: EXPLORAÇÃO DO MATERIAL


Na segunda etapa é realizada a exploração do material (já recortado), classificando em categorias de análise. O Quadro 2 apresenta todas as categorias encontradas. A classificação aqui adotada é: (1) Avaliação da sustentabilidade; e (2) Modelo sustentável. Porém, durante a análise, verificou-se a necessidade de realizar mais uma categoria, pois, vários artigos tratavam deste tema, assim, incluiu-se (3) Cidades Inteligentes e sustentáveis.

Conforme Camara (2013, p. 186) “num movimento contínuo da teoria para os dados e vice-versa, as categorias vão se tornando cada vez mais claras e apropriadas aos propósitos do estudo”. Portanto, a organização do material a ser analisado é feito através de linhas e colunas, visando anotar as semelhanças encontradas e as nomenclaturas utilizadas.

Quadro 2: Características Agrupadas de Universidades Sustentável e Verde

Autores	Características
Yang et al. (2018)	Gerenciamento de Ativos
Deng, Peng e Tang (2019)	Avaliar a sustentabilidade de cidades
Bebbington, Russell e Thomson (2017)	Reflexão
Carli, Dotoli e Pellegrino (2018)	Avaliar a sustentabilidade de cidades
Alkhalidi et al. (2018)	Modelo de cidade sustentável
Reis et al. (2019)	Avaliar a sustentabilidade de cidades
Zhang, Yuan e Tian (2019)	Avaliar o nível de desenvolvimento
Marquez-ballesteros et al. (2019)	Avaliar sustentabilidade de cidades
Yigitcanlar e Kamruzzaman (2018)	Investigar se cidades inteligentes contribui para a sustentabilidade
Ahvenniemi et al. (2017)	Investigar se cidades inteligentes contribui para a sustentabilidade
Ibrahim, El-zaart e Adams (2018)	Modelo de cidade sustentável

Fonte: Dados da Pesquisa (2019)



departamentos estão habituados a tomar decisão através da prática e experiência, porém, sem estas análises, há uma visão limitada sobre as possíveis consequências das tomadas de decisão.


A pesquisa de Deng, Peng e Tang (2019) realizada na China fornece um método para avaliar instantaneamente a sustentabilidade do ambiente urbano construído, identificando pontos fortes e fracos das cidades ano a ano. O método consiste na avaliação de uma série de indicadores disponibilizado todo ano, produzindo uma ideia geral do progresso da sustentabilidade das cidades desenvolvendo um perfil de sustentabilidade. Assim, é possível realizar comparações do desempenho sustentável do ambiente construído entre cidades e também entre períodos.

A pesquisa de Bebbington, Russell e Thomson (2017) visa fornecer uma reflexão individual e coletiva sobre a contabilidade social e ambiental. Este estudo visa discutir a aplicação da técnica de tomada de decisões multicritério do Processo de Hierarquia Analítica, visando à avaliação comparativa das áreas metropolitanas, conforme os termos do DS (energia, água e meio ambiente). A pesquisa avança fornecendo indicações operacionais sobre áreas específicas de intervenção (setores, vizinhos); e também, supera as questões de estimativa de indicadores quando não há dados quantitativos disponíveis (CARLI; DOTOLI; PELLEGRINO, 2018).

Com a ideia de desenvolver uma economia baseada em recursos sustentáveis, surgiu a inspiração para o projeto de cidade sustentável na Jordânia. Este país está entre os três países do mundo com maior escassez de água e ainda, possuem uma quantidade de energia limitada (ALKHALIDI et al., 2018).

O objetivo do artigo é projetar uma cidade sustentável em áreas semiáridas, utilizando tecnologias mais eficazes e alto padrão de vida. Para isso, o plano diretor da cidade foi baseado em um setor circular, com a maioria das habitações próximo a áreas públicas e verdes, dando aos ocupantes a sensação de natureza. Além disso, com uma estrutura circular, facilita o transporte e economiza energia com transporte. Todas as zonas possuem sistema para coleta e armazenamento da chuva, além de policiamento e departamentos de incêndio e resgate (ALKHALIDI et al., 2018).

A energia produzida não é suficiente durante o inverno, gerando dívidas. O modelo financeiro foi analisado por um período de 30 anos, assumindo um índice de endividamento de 3,5% e uma taxa de inflação de 2,5%. Foram analisados os custos com baterias de armazenamento durante 20 anos de vida do sistema, além de custos com painel fotovoltaico,



investores, controladores de carga, sistemas de gerenciamento de energia e a manutenção de tudo. Para isso, necessita-se também projetar a depreciação dos equipamentos (ALKHALIDI et al., 2018).

Na pesquisa de Reis et al. (2019) foi usado uma combinação entre o mapeamento cognitivo e o método de processo de hierarquia analítica para criar uma nova abordagem para a construção de sistemas de apoio à decisão baseados em conhecimento para avaliar a sustentabilidade e habitabilidade de uma cidade, o que provou ser útil no seu propósito. Enquanto o mapeamento cognitivo organizou as ideias e reduziu os critérios omitidos, o processo de hierarquia analítica calculou os trade-offs entre os critérios de avaliação e classificou os seus principais.

Nesta pesquisa foram usados dados de 283 cidades entre 2006 e 2015 para avaliar o nível de desenvolvimento das cinco modernizações em escala e nível econômico. Modernização coordenada aumentou constantemente. A modernização agrícola teve o menor nível inicial, mas a maior taxa de crescimento. Ecologização teve o segundo menor nível inicial e a menor taxa de crescimento, porém a China adotou vários modos de desenvolvimento em várias cidades. As cidades menores tiveram destaque nos crescimentos e continuaram a crescer mais em comparação as cidades mais desenvolvidas (ZHANG; YUAN; TIAN, 2019).

Com o objetivo de avaliar a melhoria na sustentabilidade energética urbana e cobrindo todos os aspectos que contribuem para melhorar a sustentabilidade energética, foi proposta a criação do Índice de Sustentabilidade da Energia Urbana (UESI), utilizando análise de 26 índices internacionais com foco em sustentabilidade de energia e cidades e se baseando nas teorias de metabolismo urbano (considerando de onde vem a energia consumida na cidade) (MARQUEZ-BALLESTEROS et al., 2019).

A UESI foi aplicada com êxito nas cidades Málaga e Barcelona na Espanha e uma análise detalhada dos resultados foi feita. O bom desempenho do índice em diferentes cenários futuros também foram validados de acordo com as metas estabelecidas pela Comissão Europeia (MARQUEZ-BALLESTEROS et al., 2019).

Para saber se uma determinada cidade inteligente de fato traz resultados sustentáveis, foi levantado um estudo em cidades com agendas de cidades inteligentes no Reino Unido para avaliar seus desempenhos de sustentabilidade (YIGITCANLAR; KAMRUZZAMAN, 2018).

Os resultados revelaram que não há uma correlação positiva entre adoção de tecnologia e resultados sustentáveis nessas cidades. Apesar de sua promessa, as práticas de cidades

inteligentes nas do Reino Unido não conseguiram dar uma contribuição significativa para a agenda de sustentabilidade (YIGITCANLAR; KAMRUZZAMAN, 2018).

No artigo de Ahvenniemi et al. (2017), através do uso de quadros de avaliação, analisou o desenvolvimento, se está avançando na direção que se espera, o artigo compara cidades inteligentes e sustentáveis para encontrar suas principais diferenças. Com o uso dos métodos de avaliação de desempenho, descobre-se que as cidades inteligentes, embora tenham sustentabilidade como objetivo, possuem indicadores ambientais sub-representados enquanto os aspectos sociais e econômicos da cidade possuem dominância.

A transformação para uma Cidade Inteligente Sustentável é um processo contínuo e árduo de longo prazo, requerendo mudanças em todas as áreas da cidade e necessitando de um roteiro completo de como as mudanças ocorreram e o que elas causaram. A pesquisa introduz uma relação com a Teoria da Mudança junto a um novo modelo lógico de Cidade Inteligente Sustentável junto ao seu roteiro personalizável com base na cidade, suas necessidades e interesses locais (IBRAHIM; EL-ZAART; ADAMS, 2018).


O Quadro 3 apresenta as principais ferramentas de gestão utilizadas em cada pesquisa e que podem ser utilizadas para a gestão ambiental.

Quadro 3: Ferramentas de gestão

Autores	Ferramentas de gestão
Yang et al. (2018)	Gerenciamento de Ativos de Infraestrutura (GAI)
Deng, Peng e Tang (2019)	Ferramenta para avaliação da sustentabilidade de cidades
Bebbington, Russell e Thomson (2017)	Reflexão
Carli, Dotoli e Pellegrino (2018)	Técnica de tomada de decisões multicritério do Processo de Hierarquia Analítica, visando à avaliação comparativa.
Alkhalidi et al. (2018)	Modelo de cidade sustentável
Reis et al. (2019)	Sistemas de apoio à decisão baseados em conhecimento para avaliar a sustentabilidade e habitabilidade de uma cidade.
Zhang, Yuan e Tian (2019)	Ferramenta para avaliar o nível de desenvolvimento e nível econômico de cidades.
Marquez-ballesteros et al. (2019)	Índice de Sustentabilidade da Energia Urbana (UESI)
Yigitcanlar e Kamruzzaman (2018)	Avaliação do desempenho de sustentabilidade de cidades.
Ahvenniemi et al. (2017)	Avaliação de desempenho.
Ibrahim, El-zaart e Adams (2018)	Modelo de Cidade Inteligente Sustentável com base na Teoria da Mudança.

Fonte: Dados da Pesquisa (2019)

Tem-se, portanto, como destaque, métodos de avaliação da sustentabilidade em cidades e modelos de cidades sustentáveis com base em ferramentas já conhecidas pelos gestores e pela



controladoria como avaliação de desempenho, decisões multicritério, geração de índices, e gerenciamento de ativos.

CONCLUSÃO

Esta pesquisa teve como objetivo apresentar como a controladoria socioambiental pode contribuir para os objetivos do DS até 2030, com vistas ao objetivo 11, que se refere entre outras questões a cidades sustentáveis.

Vidando alcançar este objetivo, por meio de uma abordagem qualitativa, realizou-se análise de conteúdo para o estudo dos artigos. Já para a coleta dos dados, optou-se por procedimentos técnicos bibliográficos, utilizando a expressão booleana.

A segunda etapa da análise resultou em 6 categorias diferentes de artigos, os quais foram analisados um a um na terceira etapa de análise, onde concluiu-se que os artigos realmente estão ligados a temática pesquisada, já que a palavra mais citada foi Cidade e na sequência Sustentabilidade.

Quanto às ferramentas de gestão, foram detectadas várias ferramentas que usaram métodos já conhecidos pela controladoria e gestão ambiental, como avaliação de desempenho, decisões multicritério, geração de índices, e gerenciamento de ativos.

Concluiu-se, portanto, que a controladoria pode contribuir para os ODSs de cidades e assentamentos, e que há uma série de ferramentas e métodos para realizar a avaliação, gestão e controle destas cidades.

Esta pesquisa ficou limitada ao método utilizado para análise, aos anos determinados e aos artigos coletados. Outra limitação é que os artigos são originalmente da língua inglesa e foram traduzidos para a análise.

Como sugestão para trabalhos futuros poderia ser realizado uma comparação direcionada, citando as ferramentas de gestão mais utilizadas pela controladoria segundo a literatura e as ferramentas de gestão mais utilizadas em cidades sustentáveis, também segundo a literatura.

REFERÊNCIAS

AHVENNIEMI, Hannele et al. What are the differences between sustainable and smart cities? *Cities*, [s.l.], v. 60, p.234-245, fev. 2017. Elsevier BV.

BAI, Xuemei et al. Defining and advancing a systems approach for sustainable cities. *Current Opinion in Environmental Sustainability*, [s.l.], v. 23, p.69-78, dez. 2016. Elsevier BV.



BARDIN, L. (2011). **Análise de Conteúdo**. São Paulo: Edições 70.

BATTEN, J. 2016. Sustainable Cities Index 2016. **Arcadis Global**, 10. Retrieved from [https://www.arcadis.com/media/0/6/6/%7B06687980-3179-47AD-89FD-F6AFA76EBB73%7DSustainable Cities Index 2016 Global Web.pdf](https://www.arcadis.com/media/0/6/6/%7B06687980-3179-47AD-89FD-F6AFA76EBB73%7DSustainable%20Cities%20Index%202016%20Global%20Web.pdf).

BEBBINGTON, Jan; RUSSELL, Shona; THOMSON, Ian. Accounting and sustainable development: Reflections and propositions. **Critical Perspectives On Accounting**, [s.l.], v. 48, p.21-34, out. 2017. Elsevier BV.

BETTENCOURT, L. M. A.; KAUR, J.. Evolution and structure of sustainability science. Proceedings of the National Academy of Sciences, [s.l.], v. 108, n. 49, p.19540-19545, 23 nov. 2011. Proceedings of the National Academy of Sciences.

BIBRI, Simon Elias; KROGSTIE, John. Smart sustainable cities of the future: An extensive interdisciplinary literature review. *Sustainable Cities and Society*, [s.l.], v. 31, p.183-212, maio 2017. Elsevier BV.

BOND, Alan J.; MORRISON-SAUNDERS, Angus. Re-evaluating Sustainability Assessment: Aligning the vision and the practice. *Environmental Impact Assessment Review*, [s.l.], v. 31, n. 1, p.1-7, jan. 2011. Elsevier BV.

Brain, M. (n.d.). If the polar ice caps melted, how much would the oceans rise?. [online] HowStuffWorks. Available at: <https://science.howstuffworks.com/environmental/earth/geophysics/question473.htm> [Accessed 30 Apr. 2019].

BOCASANTA, Stephane L. **Avaliação de edifícios sustentáveis em instituições de ensino superior públicas federais**: Proposição de um modelo baseado em sistemas gerenciais de avaliação socioambiental. 2017. 123 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Ciências Contábeis, Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2017.


BOCASANTA, Stephane L.; PFITSCHER, Elisete D. **Universidade Sustentável**: Análise Internacional sobre a Temática na Literatura Científica. *Revista Ibero-americana de Ciências Ambientais*, Aracaju, v. 8, n. 3, p.1-20, dez. 2016.

CÂMARA, R. H. (2013). **Análise de conteúdo**: da teoria à prática em pesquisas sociais aplicadas às organizações. *Revista Interinstitucional de Psicologia*, v. 6, n. 2, pp.179-191.

CARLI, Raffaele; DOTOLI, Mariagrazia; PELLEGRINO, Roberta. Multi-criteria decision-making for sustainable metropolitan cities assessment. **Journal Of Environmental Management**, [s.l.], v. 226, p.46-61, nov. 2018. Elsevier BV.

DENG, Wu; PENG, Zhen; TANG, Yu-ting. A quick assessment method to evaluate sustainability of urban built environment: Case studies of four large-sized Chinese cities. **Cities**, [s.l.], v. 89, p.57-69, jun. 2019. Elsevier BV.

DURAN, Dan Cristian et al. The Objectives of Sustainable Development - Ways to Achieve Welfare. *Procedia Economics and Finance*, [s.l.], v. 26, p.812-817, 2015. Elsevier BV.



FOX-SKELLY, J. (2017). There are diseases hidden in ice, and they are waking up. [online] Bbc.com. Available at: <http://www.bbc.com/earth/story/20170504-there-are-diseases-hidden-in-ice-and-they-are-waking-up> [Accessed 30 Apr. 2019].

FUTCHER, Julie et al. Creating sustainable cities one building at a time: Towards an integrated urban design framework. *Cities*, [s.l.], v. 66, p.63-71, jun. 2017. Elsevier BV.

IBRAHIM, Maysoun; EL-ZAART, Ali; ADAMS, Carl. Smart sustainable cities roadmap: Readiness for transformation towards urban sustainability. **Sustainable Cities And Society**, [s.l.], v. 37, p.530-540, fev. 2018. Elsevier BV.

JURASCHEK, Max et al. Urban Factories and Their Potential Contribution to the Sustainable Development of Cities. *Procedia Cirp*, [s.l.], v. 69, p.72-77, 2018. Elsevier BV.

KLOPP, Jacqueline M; PETRETTA, Danielle L. The urban sustainable development goal: Indicators, complexity and the politics of measuring cities. *Cities*, [s.l.], v. 63, p.92-97, mar. 2017. Elsevier BV.

MARQUEZ-BALLESTEROS, Maria-jose et al. Measuring urban energy sustainability and its application to two Spanish cities: Malaga and Barcelona. **Sustainable Cities And Society**, [s.l.], v. 45, p.335-347, fev. 2019. Elsevier BV.

OMISORE, Akinlolu G.. Attaining Sustainable Development Goals in sub-Saharan Africa; The need to address environmental challenges. *Environmental Development*, [s.l.], v. 25, p.138-145, mar. 2018. Elsevier BV.

ONU. Transformando Nosso Mundo: A Agenda 2030 para o Desenvolvimento Sustentável. 2019. Disponível em: <<https://nacoesunidas.org/pos2015/agenda2030/>>. Acesso em: 30 abr. 2019.

PFITSCHER, Elisete D. **Avaliação de sustentabilidade**: evolução de um sistema de gestão ambiental. Curitiba: Appris, 2014.

REIS, Inês F.c. et al. An evaluation thermometer for assessing city sustainability and livability. **Sustainable Cities And Society**, [s.l.], v. 47, p.101449-101460, maio 2019. Elsevier BV.

RIBEIRO, J. M. P. et al. 2018. The adoption of strategies for sustainable cities: a comparative study between Seattle and Florianopolis legislation for energy and water efficiency in buildings. *Journal of Cleaner Production*. Doi: 10.1016/j.jclepro.2018.06.176

SOFESKA, Emilija. Relevant Factors in Sustainable Urban Development of Urban Planning Methodology and Implementation of Concepts for Sustainable Planning (Planning Documentation for the Master Plan Skopje 2001–2020). *Procedia Environmental Sciences*, [s.l.], v. 34, p.140-151, 2016. Elsevier BV.

STEG, Linda; GIFFORD, Robert. Sustainable transportation and quality of life. *Journal of Transport Geography*, [s.l.], v. 13, n. 1, p.59-69, mar. 2005. Elsevier BV.

SUSTAINABLE CITIES INTERNATIONAL. Indicators for Sustainability: How cities are monitoring and evaluating their success. 2012. Disponível em:



<<https://sustainablecities.net/wp-content/uploads/2015/10/indicators-for-sustainability-intl-case-studies-final.pdf>>. Acesso em: 06 maio 2018.

THORNBUSH, Mary; GOLUBCHIKOV, Oleg; BOUZAROVSKI, Stefan. Sustainable cities targeted by combined mitigation–adaptation efforts for future-proofing. *Sustainable Cities and Society*, [s.l.], v. 9, p.1-9, dez. 2013. Elsevier BV.

UNITED NATIONS. SUSTAINABLE DEVELOPMENT GOAL 11: Make cities and human settlements inclusive, safe, resilient and sustainable. 2018b. Disponível em: <<https://sustainabledevelopment.un.org/sdg11>>. Acesso em: 06 maio 2018.

VELAZQUEZ, L.; MURGUIA, N.; PLATT, A.; TADDEI, J.. Sustainable university: what can be the matter?. *Journal Of Cleaner Production*, [s.l.], v. 14, n. 9-11, p.810-819, jan. 2006. Elsevier BV.

YANG, Bin; XU, Tong; SHI, Longyu. Analysis on sustainable urban development levels and trends in China's cities. *Journal Of Cleaner Production*, [s.l.], v. 141, p.868-880, jan. 2017. Elsevier BV.

YANG, Yifan et al. Towards sustainable and resilient high density cities through better integration of infrastructure networks. *Sustainable Cities And Society*, [s.l.], v. 42, p.407-422, out. 2018. Elsevier BV.

YIGITCANLAR, Tan; KAMRUZZAMAN, Md.. Does smart city policy lead to sustainability of cities?. *Land Use Policy*, [s.l.], v. 73, p.49-58, abr. 2018. Elsevier BV.

ZHANG, Pingdan; YUAN, Haoming; TIAN, Xin. Sustainable development in China: Trends, patterns, and determinants of the “Five Modernizations” in Chinese cities. *Journal Of Cleaner Production*, [s.l.], v. 214, p.685-695, mar. 2019. Elsevier BV. <http://dx.doi.org/10.1016/j.jclepro.2018.12.307>.



CAPÍTULO 31

AVALIAÇÃO DE SUSTENTABILIDADE AMBIENTAL: ESTUDO EM EDIFICAÇÕES DE UMA INSTITUIÇÃO DE ENSINO SUPERIOR CATARINENSE

DOI: 10.47402/ed.ep.c202157331097

Paula Antônia da Silva, Bacharela em Ciências Contábeis, UFSC
Stephane Louise Boca Santa, Doutoranda em Administração, UNISUL
Fabrcia Silva da Rosa, Professora Adjunta, UFSC

RESUMO


A sustentabilidade ambiental vem se tornando para a humanidade algo necessário. Por isso, a diversidade de estudos voltados para este tema nas mais diversas áreas do conhecimento. A presente pesquisa tem como objetivo verificar a sustentabilidade ambiental dos edifícios de uma IES catarinense. Justifica-se a escolha em analisar edifícios por ser hoje, a construção civil, o setor que mais polui no mundo. E ainda, justifica-se a escolha por uma instituição de ensino, por serem, influenciadores de opinião na sociedade, além de requerer, por muitas vezes, uma extensa área construída. A metodologia quanto aos objetivos da pesquisa classifica-se como descritiva. No que se refere aos procedimentos técnicos foi realizado estudo de caso. Quanto à abordagem do problema é qualitativa. Para a análise da sustentabilidade utilizou-se o MAGESTAL, com aplicação do check list composto por 90 questões, divididas em 10 critérios e 19 subcritérios voltados para a gestão ambiental de construções sustentáveis. Concluiu-se com a pesquisa o critério com maior índice foi Aspectos Culturais, 100%. Já o critério mais deficitário foi Transporte, 42,86%. O que faltou na instituição foi trânsito de qualidade. Entretanto, salienta-se, que um trânsito de qualidade não depende apenas da instituição. Com base nestes dados, foi proposto um plano de gestão para a instituição estudada.

PALAVRAS-CHAVE: Avaliação de Sustentabilidade; Edifícios Sustentáveis; Instituição de Ensino Superior.

1 INTRODUÇÃO

A sustentabilidade, na conjuntura em que se encontra a globalização e o crescente aumento da população mundial, tornou-se condição presente para a manutenção da vida de forma plena. Fazendo com o que, todos os campos das relações sociais interajam buscando desenvolvimento ambiental e melhores formas de gestão, que avaliem a diminuição dos impactos ambientais e nos possíveis resultados econômicos na sociedade como um todo (Tachizawa, 2010).

Assim, surge a necessidade de avaliar o patrimônio das entidades que influenciam diretamente na gestão socioambiental e na forma como elas analisam a sua responsabilidade inerente perante as comunidades às quais pertencem. Nesta análise, observa-se a importância



da contabilidade como ferramenta, para gerir as informações ambientais de custo-benefício das organizações (Rocha, Pfitscher, & Carvalho, 2015).


No processo de avaliação do patrimônio de uma entidade no aspecto ambiental, observa-se a relevância de medir o índice de sustentabilidade, principalmente ao que se referem seus ativos não circulantes, tais como as edificações (Santos, Silva, Souza, & Sousa, 2001). Tendo em vista que, segundo Conselho Internacional de Construção (CIB), (*ConseilInternacional Du Batiment*), estima-se que mais de 50% dos resíduos sólidos produzidos pelos seres humanos sejam provenientes da construção civil, desta forma surge a necessidade da pesquisa, conscientização e educação das entidades, representadas pela população, como meio de melhor gerir esses recursos, visando a redução do impacto causado pelos resíduos e uma melhor utilização nas receitas empregadas.

Nesse contexto de avaliação do patrimônio, onde a conscientização e educação devem estar interligadas, podemos verificar o papel de formação de cidadãos conscientes desempenhado pelas instituições de ensino. No âmbito de gestão, avaliação e controle ambiental entram as instituições de ensino de nível superior, que desempenham papel tanto de formação profissional, quanto de desenvolvedoras de métodos científicos que buscam através de suas pesquisas, melhorarem as condições socioambientais do meio ao qual pertencem (Bocasanta, 2017).

Nesta crescente busca por melhoramento das condições ambientais, observa-se o surgimento de certificações que avaliem o desempenho das atividades sustentáveis, onde todas as informações coletadas, são trabalhadas e transformadas em índices que qualificam o desempenho de sustentabilidade das atividades (Jiang, Asante, Zhang, & Cao, 2020).

Assim, a problemática desta pesquisa fica resumida na seguinte questão-problema: Como se encontra uma Instituição de Ensino Superior Catarinense quanto à sustentabilidade ambiental de seus edifícios? Tendo como objetivo geral, verificar a sustentabilidade ambiental dos edifícios de uma Instituição de Ensino Superior (IES) catarinense. E como objetivos específicos, analisar o índice de sustentabilidade ambiental dos edifícios; e propor um Plano Resumido de Gestão Ambiental (5W2H).

A presente pesquisa se faz justificável por sua contribuição teórica e prática, referente ao tema edifícios sustentáveis e práticas sustentáveis em universidades. A escolha em analisar edifícios justifica-se por ser hoje, a construção civil, o setor que mais polui no mundo. E ainda, a escolha de uma instituição de ensino é justificada, por serem instituições influenciadoras de



opinião na sociedade, além de requerer, por muitas vezes, uma extensa área construída. Com a aplicação do Modelo de Avaliação Gerencial para Edifício Sustentável (MAGESTAL), buscase medir o índice de sustentabilidade e apresentar possíveis melhorias nas condições socioambientais para a sociedade acadêmica. Sendo assim, um tema relevante para avaliação das IES catarinenses no Sistema Nacional de Avaliação da Educação Superior (SINAES) criado pela Lei nº 10.861, de 14 de abril de 2004 que busca avaliar a questão sustentável dentro das universidades brasileiras.

2 REFERENCIAL TEÓRICO

A fundamentação teórica se dá através da literatura em artigos e livros sobre os temas relacionados à gestão ambiental nas instituições de ensino superior e avaliação de sistema socioambiental em edifícios sustentáveis.


2.1 GESTÃO DA SUSTENTABILIDADE EM INSTITUIÇÕES DE ENSINO

Com a necessidade de se mensurar e gerir o patrimônio das entidades, de forma socioambiental responsável, surge à premência de se ter uma contabilidade ambiental, que busca analisar e administrar a questão sustentável e seus aspectos econômicos, que exerçam influência significativa sobre a sociedade (Altenfelder, 2004).

Segundo Ribeiro (2005), identificar e avaliar os eventos econômico-financeiros, relacionados à questão ambiental, que afetam o patrimônio é dever da contabilidade. Pois cabe a contabilidade avaliar e gerir os recursos econômicos apropriados. Não diferente, as instituições de ensino como entidades propulsoras e propagadoras de conhecimento devem ter uma gestão de recursos sustentáveis que analisem o resultado ambiental abrangente as instituição de ensino e seus usuários(Rocha et al., 2015).

As universidades desempenham papel relevante na questão de conscientização e estudos de práticas sustentáveis, que possam identificar e gerir a utilização dos recursos ambientais através das disciplinas ofertadas em seus diferentes cursos, objetivando o influxo a pesquisa e desenvolvimento de práticas sustentáveis, envolvendo assim, toda sociedade acadêmica(Bocasanta, 2017).

Com a implementação da lei nº 10.861, de 14 de abril de 2004, foi instituído o Sistema Nacional de Avaliação da Educação Superior (SINAES), com o objetivo de melhorar as condições do ensino nos diversos cursos de graduação dentro de todos os aspectos, formas e ramificações da sociedade acadêmica. Assim as instituições de ensino superior foram



direcionadas a trabalharem de forma enfática a questão da gestão, controle e auditoria nas diferentes áreas de atuação (Silva & Gomes, 2011).

Conforme os autores Kim & Son (2020) as chamadas *Green School*, ou escola verde, oferecem melhor saúde e conforto aos ocupantes. O termo escola verde, surgiu em decorrência do estudo das edificações verdes, aplicados diretamente aos prédios onde funcionam escolas, universidades e ambientes de aprendizado em diversos países, como no Canadá e Estados Unidos. O ambiente que essas construções ecologicamente corretas proporcionam aos seus usuários (alunos, professores, funcionários, todos os membros discentes ou docentes), afetam significativamente o aprendizado e trabalho, proporcionando por exemplo melhor conforto térmico, melhor qualidade no ar, melhor organização dos espaços e maior aproveitamento da luz (Kim & Son, 2020).


Seguindo esse contexto e a influência mundial dos inúmeros tratados e regulamentos que buscam a melhoria da utilização dos recursos naturais, observou-se a necessidade de avaliar as condições sustentáveis das instituições de ensino e assim, por consequência, o índice de desempenho sustentável. Assim todos os processos que envolvam a prestação de serviços das instituições de ensino, podem ser analisados e avaliados quanto à sua capacidade sustentável. A presente pesquisa, no entanto, tem como foco, apresentar se há edificações sustentáveis dentro da IES catarinense pesquisada.

2.2 AVALIAÇÃO SOCIOAMBIENTAL EM EDIFÍCIOS SUSTENTÁVEIS

De acordo com estudos de âmbito internacional, os mesmos indicam a construção civil como responsável por uma parcela considerável, em torno de 40%, de todos os resíduos poluentes descartados de forma inadequada no meio ambiente e por usar os recursos extraídos da natureza de forma desordenada, acarretando certa contribuição nas mudanças climáticas já visíveis pela população no ecossistema terrestre (Thilakaratne & Lew, 2011).

De acordo com Castro-Lacouture (2009) o *Green Building*, Construção Verde, surgiu como forma de incentivo ao uso de materiais e técnicas mais amigáveis a construção civil. Tencionando a diminuição da agressão ao meio ambiente, causada pela extração de recurso e o descarte irregular, incentiva a aplicação de tecnologias volta a auxiliar as construções para que possam ser consideradas sustentáveis e assim consigam gerar benefícios econômicos, sociais e ambientais.

No contexto, as edificações sustentáveis têm como essência ambiental, econômica e social vantagens empíricas, como a redução de recursos naturais consumidos no processo



produtivo, à busca por utilização de materiais que não agridam o meio ambiente e possam causar bem está aos usuários dessas edificações, sejam comerciais ou moradias e como deve ocorrer o descarte das sobras de resíduos, ao que se refere às construções em andamento (Kim & Son, 2020). No momento atual onde a natureza já alcançou sinais de possível esgotamento de seus recursos, as edificações sustentáveis, devem ser analisadas não somente como opção de implantação, mas como o requisito para se construir. Assim, as construções ecológicas podem ser analisadas como pré-requisito para alavancar o mercado de forma sustentável e consciente (Olubunmi, Xia, & Skitmore, 2016).

Com intuito de incentivar a construção dos edifícios verdes pelo mundo, vários selos de certificação foram criados como forma de qualificar as edificações sustentáveis que melhor geram custos-benefícios em relação à preservação do meio ambiente. Nos Estados Unidos em 1993, foi criada a *Leadership in Energy e Environmental Design* (LEED), como mecanismo que através de pontuação qualifica tanto edificações em construção quanto construções já existentes (Lee & Burnett, 2008).

De acordo com Jalaei, Jalaei, Mohammadi (2019), a indústria da construção civil no mundo, está cada dia mais interessada na obtenção dessas certificações. Tal interesse se dá, devido ao alto grau de retorno econômico que essas construções proporcionam aos seus proprietários. O desempenho monetário obtido faz justiça ao estudo mais aprofundado da utilização de novas tecnologias para medição do grau de sustentabilidade dessas edificações e da implantação dessa certificação (Jalaei et al., 2020).

Segundo Zhang (2017), em 2003 o sistema de avaliação olímpico de edifícios verdes (GOBAS) foi emitido na China, dando início no país a certificação verde. Observa-se no mundo o crescimento de vários métodos e certificados com padrões de sustentabilidade que abranjam necessidades locais, respeitando cada região do globo e atendendo a harmonia da utilização dos recursos naturais e o crescimento das necessidades de habitações para a população (Zhang, Wang, Hu, & Wang, 2017).

Neste sentido as construtoras, imobiliárias e demais responsáveis pelas construções, estão tomando maior consciência da importância e da utilização de materiais que não agridam o meio ambiente e que ajudem na conservação e manutenção do ecossistema. Segundo Ade , Rehm & Ade (2019), o edifício verde é visto pelo setor imobiliário como um método de proteção do capital natural e correção dos impactos ambientais da construção, por



consequência, os selos verdes são meios de padronização e avaliação dessas construções (Ade, Rehm, & Ade, 2019).


Em países como os Estados Unidos, as certificações verdes são adotadas em várias esferas governamentais (federal, estadual e locais) com regulamentações próprias que buscam a economia no consumo de energia. De acordo com estudos naquele país, os edifícios são responsáveis por cerca de 40% do consumo de energia elétrica, assim a utilização excessiva é o fator que preocupa os governantes, que implementaram tais políticas que, regularizam e incentivam boas práticas de sustentabilidade nas construções dessas edificações (Adekanye, Davis, & Azevedo, 2020).

No Brasil, órgãos como a Associação Brasileira de Normas Técnicas (ABNT), formularam e disponibilizaram normativas técnicas que orientam as construções quanto a edificações sustentáveis, com aplicação de normas específicas como, por exemplo, a que se refere a iluminação dos ambientes, aquecimento e reaproveitamento da água (ABNT, 2016). O banco Caixa Econômica Federal (CEF), possui o selo Caixa Azul, que através de critérios classificatórios analisa seus projetos socioambientais financiados quanto a sustentabilidade, visando fornecer incentivos aos que aderem a certificação, para receber o selo, a construção ou o projeto deve atender no mínimo 19 critérios dos 53 proposto pela CEF podendo ser classificados em nível bronze, prata ou ouro (CAIXA, 2017).

Estudos brasileiros mostram como a aplicação desses métodos e normas podem realizar a avaliação sustentável dos edifícios verdes. Com a utilização da gestão contábil como ferramenta de análise dos métodos aplicados nessas avaliações, auxiliando a gestão das entidades que poderão assim, analisar da melhor forma o desempenho sustentável dos negócios (Bocasanta, Pfitscher, & Borgert, 2016).

3 METODOLOGIA

A metodologia quanto aos objetivos da pesquisa classifica-se como descritiva, pois busca descrever características em comum que possam apresentar as deficiências na gestão de sustentabilidade dos edifícios das instituições. No que se refere aos procedimentos técnicos será realizado estudo de caso, buscando avaliar dados com maior aprofundamento (Gil, 2012). Segundo Yin (2011), o estudo de caso deve ser utilizado quando no procedimento empírico o pesquisador esteja lidando com condições textuais favoráveis. Na pesquisa em questão a proximidade com o objeto da pesquisa permite esse favorecimento. Quanto à abordagem do problema é qualitativa (Gil, 2012). O estudo de caso se dá, em uma instituição de ensino



superior catarinense, a escolha da instituição foi realizada pelo critério de acessibilidade às informações.

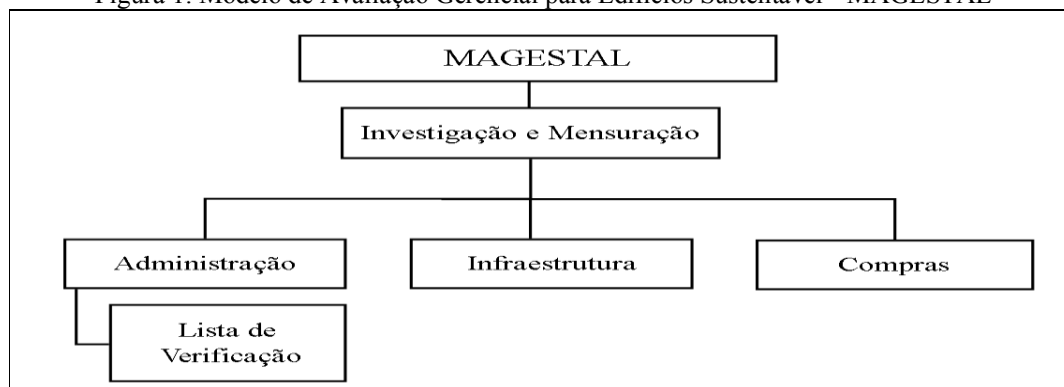
A trajetória metodológica divide-se em três fases. A primeira fundamentação teórica, onde são estudados os seguintes temas: Gestão da sustentabilidade em instituição de ensino; Avaliação socioambiental em Edificações Sustentáveis. Na segunda fase tem-se a Análise dos resultados onde primeiramente apresenta-se um breve histórico da IES pesquisada e após verificam-se as respostas obtidas na Lista de verificação e efetua-se a análise de sustentabilidade. Na terceira e última fase apresenta-se o Plano Resumido de Gestão Ambiental (5W2H).

Com a utilização da ferramenta metodológica MAGESTAL, que busca medir o índice de sustentabilidade dos edifícios em toda sua vida útil. De acordo com Boca Santa (2017, p. 92) “o conjunto de ferramentas apresentados, alinhados a teoria e o resultado das pesquisas realizadas compôs o modelo”. A ferramenta foi proposta como sugestão a questão problema apresentada em sua dissertação de mestrado voltada para instituições de ensino superior (Bocasanta, 2017).

Elaborada a partir de modelos existentes como o Sistema Contábil Gerencial Ambiental (SICOGEA) de Pfitscher (2014) e o Modelo de Avaliação de Sustentabilidade Socioambiental (MASS) de Freitas (2013), além de focalizar na obtenção de selos e certificações ambientais o MAGESTAL, surge como forma de avaliação direcionada para investigação e mensuração da sustentabilidade, possibilitando a organização e o direcionamento da avaliação para atender a exigência de determinado selo de qualificação ambiental bem como, as obrigações legais existentes (Bocasanta, 2017).

A presente pesquisa concentrar-se na utilização do método de investigação e mensuração da etapa de administração dos edifícios sustentáveis de uma IES catarinense. Dentro disso, a proposta é elaborar uma lista de verificação, para avaliar a sustentabilidade, conforme o fluxograma apresentado na figura 1.

Figura 1: Modelo de Avaliação Gerencial para Edifícios Sustentável - MAGESTAL



Fonte: Adaptado de Boca Santa (2017, p. 66).

Assim o setor administrativo, da instituição aqui pesquisada, responsável pela gestão dos edifícios fará através da verificação a análise dos componentes que tem impacto ambiental relacionados às edificações e sua sustentabilidade ambiental. Outro sim, é importante salientar que as respostas deve ter como base a realidade das edificações já existentes, que compõe a instituição e bem como, os aspectos externos que tenham influência no edifício, como a utilização de “produtos verdes”, aqueles cuja tecnologia inovadora os transformam em produtos eficientes e sustentáveis (Darko, Zhang, & Chan, 2017). A verificação terá como base um *check list* fornecido pelo SICOGEA – Geração 3 - dividido em grupos-chaves e subgrupos, que avaliaram o índice de sustentabilidade da edificação. Devendo ser respondido por o profissional responsável pelas edificações da instituição. Após essa etapa, será realizado os cálculos pertinentes para medir o índice de sustentabilidade das edificações da IES.

Tendo como base as respostas da lista de verificação aplica-se o cálculo dos índices conforme figura 2.

Figura 2: Fórmula para o Cálculo do Índice de Sustentabilidade

Índice de Sustentabilidade =	$\frac{\text{Total de "Sim" x 100}}{\text{Total de Questões - Total de "NA"}}$
------------------------------	--

Fonte: Pfischer (2014).

Conforme Pfischer (2014) o resultado pode variar entre 50% considerado deficitário, de 51% a 70% considerado regular e acima de 71% considerado adequado. Podendo assim, de modo global, avaliar o grau de sustentabilidade em que se encontra a edificação avaliada.

De acordo com os dados apurados, deve-se propor o plano de gestão para auxiliares possíveis índices insatisfatórios encontrados na pesquisa, através de ações corretivas ou metas que resultem nas melhorias. Para isso, é proposto o plano resumido de gestão, adaptado o SICOGEA de Pfischer (2014) e MAGESTAL de Boca Santa (2017), conforme Tabela 1.

Tabela 1: Plano Resumido de Gestão

Etapa da Edificação (Terreno/Construção/Edificação): Edificação							
Critério Analisado	Ação a Ser Desenvolvida	Motivos	Quando?			Como?	Quanto Custa?
			Início	Término	Avaliação		

Fonte: Boca Santa (2017, p. 85).

O plano de gestão deve estar de acordo com os objetivos almejados da entidade, para que seus efeitos corretivos sejam aplicados, fornecendo assim resultados satisfatórios.

4 ANÁLISE DOS RESULTADOS E DISCUSSÃO

Neste capítulo faremos a análise com base na metodologia proposta, em decorrência dos resultados obtidos junto a IES estudada. Bem como, o breve histórico da instituição pesquisada. Também se dará a apresentação do plano de gestão proposto para análise da sustentabilidade dos edifícios.

4.1 BREVE HISTÓRICO DA IES ESTUDADA

A instituição de ensino superior catarinense estudada foi fundada 1964 na cidade de Tubarão, região sul do estado catarinense. Hoje, possui três campi e sete unidades no estado, sendo a maior em ensino privado da região. Abrangendo tanto o ensino presencial quanto o ensino a distância. Atende em torno de 30.000 alunos entre a graduação, pós-graduação, mestrado e doutorado. Possuem atualmente em torno 150 cursos em diversas áreas, sendo reconhecida em âmbito nacional pelo incentivo a inovação e o empreendedorismo. Desde 2005 possui o ensino à distância, com mais de 70 polos espalhados pelo Brasil. A escolha da IES como fonte base para pesquisa se deu pela facilidade de acesso as informações para coleta dos dados, por ter vários núcleos de pesquisa em sustentabilidade e por ser uma das principais instituições de ensino superior do estado.

4.2 ANÁLISE DA SUSTENTABILIDADE

A análise da sustentabilidade foi baseada no método do MAGESTAL de Boca Santa (2017), com aplicação do *check list* composto por 90 questões, divididas por critérios e subcritérios, que através do somatório dos sim menos os não ou não se aplica, transcrevem os resultados se as edificações da IES pesquisada são ou não considerados sustentáveis. Os

critérios desenvolvidos pelo MAGESTAL foram elaborados com base em fatores utilizados por selos que certificam se uma edificação é ou não considerada sustentável.

No modelo de demonstrativo de sustentabilidade, estão definidos os critérios e subcritérios analisados na pesquisa, conforme Tabela 2.

Tabela 2: Modelo de Demonstrativo de Sustentabilidade

Índice de sustentabilidade por critérios		
Critérios e subcritérios	Sustentabilidade	Avaliação
1 Canteiro de obras		
a) Seleção do terreno		
b) Construção da edificação		
2 Resíduos e poluição		
c) Gestão de resíduos		
d) Controle da poluição		
3 Eficiência energética		
e) Gestão energética		
f) Equipamentos de eficiência energética		
4 Materiais e recursos		
g) Escolha dos materiais utilizados		
h) Recursos utilizados		
5 Qualidade do ambiente		
i) Qualidade do ambiente interno		
j) Qualidade do ambiente externo		
6 Eficiência da água		
k) Água interna do edifício		
l) Água externa ao edifício		
7 Metodologia do projeto		
m) Projeto da edificação		
n) Inovações tecnológicas		
8 Transporte		
o) Transporte na edificação		
p) Transporte nos arredores à edificação		
9 Finanças e contabilidade		
q) Gestão da edificação em construção		
r) Gestão da edificação concluída		
10 Aspectos culturais		
s) Aspectos culturais locais		
Total		

Fonte: Boca Santa (2017, p. 83).

A lista de verificação foi aplicada diretamente ao responsável pelas edificações da instituição, onde após a coleta das respostas, foram elaborados os índices. Constatou-se,

segundo o grau de sustentabilidade (deficitário, regular ou adequado) o índice de sustentabilidade dos edifícios da IES analisada, conforme Tabela 3.

Tabela3: Grau de Sustentabilidade

Crítérios	Deficitário	Regular	Adequado
10	1	4	5
100%	10%	40%	50%
Subcritérios	Deficitários	Regular	Adequado
19	7	4	8
100%	36,84%	21,05%	42,50%

Fonte: Elaborado pela autora (2018).

Com a aplicação da lista de verificação observou-se que dos 10 critérios avaliados metade 50% estão adequados, 40% estão regulares e 10% estão deficitários. Já com os subcritérios, dos 19 analisados, 42,5% estão adequados, 21,05% estão regulares e 36,84% estão deficitários. Pode-se observa após a aplicação do *check list*, com base nos critérios que 50% das edificações são consideradas adequadas e, portanto, consideradas edificações sustentáveis, contudo o índice de 10% de deficitário de sustentabilidade e 40% regulares deverá ser analisado e aplicado o plano de gestão, para que possa auxiliar os gestores no desenvolvimento e eliminação das deficiências encontradas e melhoria dos processos já existentes(Bocasanta, 2017).

A Tabela 4 apresenta os índices de sustentabilidade por critério. O critério com maior índice foi Aspectos Culturais, 100%, que se refere à herança e manutenção do patrimônio cultural, edifícios históricos e monumentos preservados, além da identidade cultural. Logo em seguida, com 75% cada critério tem-se: Canteiro de obras; Resíduos e Poluição; Materiais e Recursos; e Qualidade do Ambiente.

Já o critério mais deficitário foi Transporte, 42,86%, que se refere à acessibilidade do transporte, se há transporte público sustentável e está caracterizado na instituição apresentava. O que faltou na instituição foi trânsito de qualidade. Entretanto, salienta-se, que um trânsito de qualidade não depende apenas da instituição.

Tabela 4: Índice de sustentabilidade por critério

Índice de sustentabilidade por critérios	
Crítérios e subcritérios	Sustentabilidade
1 Canteiro de obras	75,00%
2 Resíduos e poluição	75,00%
3 Eficiência energética	58,33%
4 Materiais e recursos	75,00%
5 Qualidade do ambiente	75,00%

6 Eficiência da água	57,14%
7 Metodologia do projeto	60,00%
8 Transporte	42,86%
9 Finanças e contabilidade	62,50%
10 Aspectos culturais	100,00%

Fonte: Elaborado pela autora (2018).

Com a verificação dos agentes deficitários, os gestores devem compor o plano de gestão que vise agir nos pontos onde se encontram inadequações de sustentabilidade, buscando melhores resultados e sanando as deficiências apuradas. Assim, sabendo que os índices de avaliação de sustentabilidade, englobam toda a cadeia do ciclo de vida da edificação, o plano de gestão deverá promover melhorias de acordo com a viabilidade e disponibilidade financeira da IES (Freitas, 2013).

4.3 PLANOS DE GESTÃO

Com a utilização do MAGESTAL, após a análise dos índices de viabilidade de sustentabilidade da IES estudada, verificou com a ferramenta 5W2H, as ações a serem desenvolvidas bem como, a motivação as quais os gestores devem estar atentos no decorrer do projeto, conforme Tabela 5.

Tabela: Plano Resumido de Gestão 5W2H Aplicado

Critério Analisado	Ação a Ser Desenvolvida	Motivos
Construção da Edificação	Proteção ao habitat local e Controle da emissão dos gases liberados que possam gerar o efeito estufa.	Proteger o habitat e o meio ao qual a edificação está sendo inserida.
Resíduos e Poluição	Ações de conscientização e incentivo a redução de poluição.	Formar cidadãos conscientes e engajados no trabalho de proteção do meio ambiente.
Eficiência Energética	Controlar a radiação emitida pela captação da energia solar, viabilizar a utilização da água aquecida pela energia alternativa. Verificar e priorizar a utilização de máquinas e equipamentos que visem a eficiência energética.	Conscientizar os usuários da importância da utilização consciente da água como recurso limitado e dos benefícios de se utilizar energia renovável.
Materiais e Recursos	Utilização de recursos renováveis	administra a utilização dos recursos de forma consciente.
Qualidade do Ambiente	Elaborar metodologia que avalie a qualidade da ventilação natural e a qualidade do ar no ambiente interno e externo as edificações.	Controlar a qualidade do ar e ventilação do ambiente das edificações, tanto nos internos quanto nos externos.

Eficiência da água	Gerir as redes pluviais, controlar o uso e realizar ações de conservação da água.	Controlar a utilização eficiente das redes pluviais e a utilização consciente a água.
Metodologia do Projeto	Utilizar tecnologias inovadoras para redução do consumo da água e técnicas de construção de baixo impacto ao meio ambiente.	Implementação de tecnologias eficientes que se adéquem os impactos causados ao ambiente.
Transporte	Incentivar a utilização de meios de transporte alternativos, promover a utilização de veículos ecológicos e analisar o impacto ambiental dos estacionamento.	Implantar meios de transporte alternativos que não agridam o meio ambiente.
Finanças e Contabilidade	Adotar um sistema de gestão ambiental e elaborar indicadores que avaliem a sustentabilidade.	Melhorar a gestão dos recursos ambientes através de avaliação contínua do plano de gestão, avaliando o custo-benefício das abordagens utilizadas para gerir a sustentabilidade.

Fonte: Adaptado de Boca Santa (2017).

A proposta do plano de gestão é desenvolver a ação a ser feita e por qual motivo ela deve ser elaborada e aplicada nas edificações e aos seus usuários. Salienta-se ainda a importância da aplicação correta do plano levando em consideração os objetivos e motivações da entidade (Bocasanta, 2017).

Contudo, devem-se levar em conta os custos ambientais envolvidos nas melhorias das deficiências e como a instituição deverá analisar esses custos. Sabe-se que alguns “Selos Verdes”, analisam os custos-benefícios dos projetos antes de fornecer a certificação dos edifícios, assim sendo, a aplicação de ferramentas de análise de custo ambiental deve ser aplicada, como meio de complemento ao plano de gestão proposto (Nakao, Silvio, Vellani, 2003).

Ao término da análise e cálculo dos custos ambientais, observa-se a viabilidade das edificações, ambientalmente, se os benefícios apurados forem maiores que seus custos. A ferramenta de custeio ambiental proporciona assim, uma análise prévia se o projeto é ou não viável ambientalmente em relação aos seus custos. Podendo assim, auxiliar a gestão na decisão quanto ao melhor custo benefício em relação à construção sustentável das edificações, bem como em possíveis reformas de edifícios já existentes na IES estudada (Bocasanta, 2017).



5 CONCLUSÕES

A presente pesquisa teve como questão problema a dialética de como se encontra uma Instituição de Ensino Superior Catarinense quanto à sustentabilidade ambiental de seus edifícios. Assim, apresentou-se como objetivo geral a verificação de sustentabilidade dos edifícios da IES analisada.

Abordaram-se na pesquisa, dois objetivos específicos, a análise dos índices de sustentabilidade e a proposta do plano de gestão resumido, cuja aplicação do estudo se deu por meio de ferramentas aplicadas junto a IES estudada.


Como base teoria buscou-se nos itens 2.1 e 2.2 analisar a gestão da sustentabilidade em instituições de ensino e a avaliação socioambiental em edificações sustentáveis, norteadores fundamentais na construção da pesquisa e na elaboração da metodologia aplicada.

Na análise dos resultados, com de utilização do Modelo de Avaliação Gerencial para Edifícios Sustentáveis - MAGESTAL, apurou-se quedos 10 critérios analisados, apenas 10% foi avaliado como deficitário, no caso o transporte. E entre os 19 subcritérios analisados 36,84% deles foram avaliados como deficitários, a construção da edificação, o controle da poluição, a gestão energética, a água externa ao edifício, a inovação tecnológica, o transporte na edificação e a gestão da construção da edificação.

Mesmos dentro dos critérios avaliados como regular e adequado, observou-se indicies deficitários que foram colocados no plano de gestão resumido. Esses índices não tiveram influência significativa dentro dos índices gerais, porém dentro dos índices objetivos, colocados na pesquisa como subcritérios e já relatados no parágrafo anterior.

Após a etapa da análise e obtenção dos resultados, foi verificado que 50% das construções da IES é consideração sustentáveis, porém mesmo o resultado sendo considerada boa, a instituição precisa trabalhar os índices deficitários e os regulares, para que ambos cheguem ao nível de adequados. Conforme colocado no item 4.3, com a utilização do 5W2H, demonstra o plano de gestão resumido proposto como método de melhoria dos índices de sustentabilidade, dentro da área foco da pesquisa, que foi a administração dos edifícios sustentáveis da IES estudada.

Ainda dentro do plano de gestão foi observado como ferramenta de apoio, a análise que a instituição deverá fazer para obter o custo-benefício e assim verificar se o projeto de



sustentabilidade é viável ou não. A utilização da ferramenta deve orientar melhor os gestores da IES, referente aos benefícios dos custos ambientais verificados.

Portanto, com a utilização das ferramentas proposta pela metodologia aplicada na pesquisa, o MAGESTAL, verificou-se que a IES avaliada tem 50% das suas edificações consideradas sustentáveis e que há meio para melhorar os índices deficitários e regulares. Sugere-se a IES analisada, a observação do plano de gestão resumido e suas aplicações nas melhorias propostas.

Como sugestão, pode-se aplicar a metodologia do MAGESTAL, para demais edificações, que não seja de IES. Adaptação das ferramentas utilizadas a outras metodologias de avaliação de sustentabilidade de edificações verdes.

Sugere-se ainda que outras pesquisas possam fazer a comparação entre instituições de ensino públicas e privadas, quanto ao grau de sustentabilidade de suas edificações. Aplicando a ferramenta de custo ambiental para analisar possíveis variações entre as instituições.

Pode-se ainda serem desenvolvidos novas metodologias que baseadas no MAGESTAL, como meio de melhoria de possíveis limitações da ferramenta.

Por fim, propor-se que as ferramentas gerenciais possam ser utilizadas também na elaboração de novas ferramentas, ou adaptadas à gestão financeira das edificações verdes, como meio de avaliar os custos-benefícios das edificações e o quanto significativo se torna nos orçamentos das construções das edificações.

REFERÊNCIAS

ABNT (Brasil). Construção Sustentável: da teoria à prática Detalhes. Disponível em: <http://www.abnt.org.br/construcao-sustentavel>. Acesso em: 29 mar. 2016.

Ade, R., Rehm, M., & Ade, R. (2019). *The unwritten history of green building rating tools : a personal view from some of the ' founding fathers ' the ' founding fathers .' 3218*. <https://doi.org/10.1080/09613218.2019.1627179>

Adekanye, O. G., Davis, A., & Azevedo, I. L. (2020). *Energy & Buildings Federal policy , local policy , and green building certifications in the U . S . 209*, 1–9.

Bocasanta, S. L. (2017). AVALIAÇÃO DE EDIFÍCIOS SUSTENTÁVEIS EM INSTITUIÇÕES DE ENSINO SUPERIOR PÚBLICAS FEDERAIS: PROPOSIÇÃO DE UM MODELO BASEADO EM SISTEMAS GERENCIAIS DE AVALIAÇÃO SOCIO AMBIENTAL. *Dissertação*, 1–123.

Bocasanta, S. L., Pfitscher, E. D., & Borgert, A. (2016). Benefícios e Custos Ambientais Gerados com Edificações Sustentáveis: Uma Ferramenta Para Análise de Viabilidade



Financeira. *Revista Catarinense Da Ciência Contábil*, 15, 35–46.

CAIXA (Brasil) (Org.). Selo Casa Azul. 2017. Disponível em: <http://www.caixa.gov.br/sustentabilidade/produtos-servicos/selo-casa-azul/Paginas/default.aspx>. Acesso em: 01 mar. 2017

Castro-Lacouture, D., Sefair, J. A., Flórez, L., & Medaglia, A. L. (2009). Optimization model for the selection of materials using a LEED-based green building rating system in Colombia. *Building and Environment*, 44(6), 1162–1170. <https://doi.org/10.1016/j.buildenv.2008.08.009>

Darko, A., Zhang, C., & Chan, A. P. C. (2017). Drivers for green building: A review of empirical studies. *Habitat International*, 60, 34–49. <https://doi.org/10.1016/j.habitatint.2016.12.007>

Gil, Antonio C. (2012) Métodos e Técnicas de Pesquisa Social. 6 ed. São Paulo: *Atlas*.

Jalaei, F. F., Jalaei, F. F., Mohammadi, S., Lopes, L., Secco, H., Figueira, V., ... Ade, R. (2020). Proposta de índice de sustentabilidade como instrumento de autoavaliação para micro e pequenas empresas (MPEs) _ Leitor aprimorado Elsevier.pdf. *Procedia Manufacturing*, 260(2019), 83–89. <https://doi.org/10.1080/09613218.2019.1627179>

Jiang, Y., Asante, D., Zhang, J., & Cao, M. (2020). The effects of environmental factors on low-carbon innovation strategy: A study of the executive environmental leadership in China Yuguo. *Pre-Proof*.

Kim, J., & Son, S. (2020). *GREEN BENEFITS ON EDUCATIONAL BUILDINGS ACCORDING TO THE LEED CERTIFICATION*. 24(2), 83–89.

Lee, W. L., & Burnett, J. (2008). Benchmarking energy use assessment of HK-BEAM, BREEAM and LEED. *Building and Environment*, 43(11), 1882–1891. <https://doi.org/10.1016/j.buildenv.2007.11.007>


Nakao, Sílvia H.; Vellani, Cassio L. (2003) Investimentos Ambientais e Redução de Custos. In: *CONGRESSO USP DE CONTROLADORIA E CONTABILIDADE*, 3., 2003, São Paulo. Anais... São Paulo: Usp. p. 1 - 16. Disponível em: . Acesso em: 28 maio 2018.

Olubunmi, O. A., Xia, P. B., & Skitmore, M. (2016). Green building incentives: A review. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 59, 1611–1621. <https://doi.org/10.1016/j.rser.2016.01.028>

Pfitscher, E. (2014). *Gestão e Sustentabilidade Através da Contabilidade e Controladoria Ambiental: estudo de caso na cadeia produtiva de arroz ecológico*. 252. Retrieved from <http://scholar.google.com/scholar?hl=en&btnG=Search&q=intitle:Gestão+e+sustentabilidade+através+da+contabilidade+e+controladoria+ambiental:+estudo+de+caso+na+cadeia+produti+va+de+arroz+ecológico#0>

Rocha, S., Pfitscher, E., & Carvalho, F. (2015). Sustentabilidade Ambiental: Estudo em Uma Instituição De Ensino Superior Pública Catarinense. *Revista de Gestão Ambiental e Sustentabilidade*, 4(1), 46–58. <https://doi.org/10.5585/geas.v4i1.162>

Santos, A. de O., Silva, F. B. da, Souza, S. de, & Sousa, M. F. R. de. (2001). Contabilidade



ambiental: um estudo sobre sua aplicabilidade em empresas Brasileiras. *Revista Contabilidade & Finanças*, 12(27), 89–99. <https://doi.org/10.1590/S1519-70772001000300007>

Silva, A. L. Da, & Gomes, A. M. (2011). Avaliação institucional no contexto do sinaes: a cpa em questão. *Avaliação: Revista Da Avaliação Da Educação Superior (Campinas)*, 16(3), 573–601. <https://doi.org/10.1590/S1414-40772011000300005>

Thilakaratne, R., & Lew, V. (2011). Is LEED leading Asia?: An analysis of global adaptation and trends. *Procedia Engineering*, 21, 1136–1144. <https://doi.org/10.1016/j.proeng.2011.11.2122>

Yin, R. K. (2011) Applications of Case Study Research. SAGE Publications, Inc; *Third Edition*.

Zhang, Y., Wang, J., Hu, F., & Wang, Y. (2017). Comparison of evaluation standards for green building in China, Britain, United States. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 68(August 2016), 262–271. <https://doi.org/10.1016/j.rser.2016.09.139>



CAPÍTULO 32

DIAGNÓSTICO AMBIENTAL NO SERVIÇO DE ALIMENTAÇÃO DE UM HOSPITAL UNIVERSITÁRIO: ESTUDO DE CASO

DOI: 10.47402/ed.ep.c202144932097

Daiane Kraemer Lanferdini, Universidade Federal do Rio Grande do Sul (UFRGS)
Larissa Mont'Alverne Jucá Seabra, Universidade Federal do Rio Grande do Norte (UFRN)
Ana Beatriz Almeida de Oliveira, Universidade Federal do Rio Grande do Norte (UFRN)
Virgílio José Strasburg, Universidade Federal do Rio Grande do Sul (UFRGS)


RESUMO

A Gestão Ambiental tem por finalidade organizar e planejar ações para o controle do impacto ambiental em produtos e serviços. O presente estudo teve por finalidade aplicar e diagnosticar os aspectos da gestão ambiental da produção de refeições de uma cozinha de serviço hospitalar universitário de grande porte em Porto Alegre/RS. Trata-se de um estudo descritivo, de caráter quantitativo e com finalidade aplicativa. Para a coleta de dados foi utilizado um *checklist* específico que foi aplicado nas dependências do Serviço de Nutrição e Dietética (SND) do hospital. Os aspectos de gestão ambiental avaliados por um *checklist* com 73 itens pontuados distribuídos em seis grupos: água; energia elétrica; gás; produtos químicos, saúde e segurança, e gestão de resíduos. A gestão ambiental do SND do hospital alcançou adequação geral de 91,1% dos aspectos avaliados. O grupo de gestão de resíduos atingiu 100% de adequação e o de produtos químicos o menor percentual. Destaca-se a importância da utilização de instrumentos de avaliação ambiental nas práticas profissionais a fim de instrumentalizar e garantir o pleno funcionamento da estrutura e dos processos que englobam as mais diversas modalidades de produtos e serviços, incluindo os de alimentação.

PALAVRAS CHAVE: aspectos ambientais; gestão ambiental; impactos ambientais; produção de refeições.

1 INTRODUÇÃO

A gestão ambiental (GA), pode ser definida como “o sistema que inclui a estrutura organizacional, atividades de planejamento, responsabilidades, práticas, procedimentos, processos e recursos para desenvolver, implementar, atingir, analisar criticamente e manter a política ambiental” (TINOCO; KRAEMER, 2011, p. 89). Por sua vez, Rohrich e Cunha (2004), definem GA como um conjunto de ações e políticas para a prevenção do meio ambiente. Entende-se então, que a GA nada mais é do que uma forma de organizar e planejar ações para o controle do impacto ambiental que os serviços ou produtos de uma empresa ou organização geram. Esse conceito pode ser aplicado às mais diversas atividades, incluindo os serviços de alimentação para coletividades.



As Unidades de Alimentação e Nutrição (UAN) são locais específicos para a produção de refeições para a coletividade, podendo ser denominada por Unidade Produtora de Refeições (UPR), Serviço de Alimentação Coletiva (SAC) ou Unidades de Alimentação (UA) (SANTOS e STRASBURG, 2016). Com a grande demanda do consumo de alimentação fora do lar e o almoço sendo a refeição mais consumida fora dos domicílios, vêm crescendo a demanda deste tipo de serviço, sendo o termo ‘*foodservice*’ aplicado para designar o fornecimento de refeições fora de casa (RODGERS, 2011; DUARTE; ALMEIDA; MARTINS, 2013; LEAL, 2010). As UAN podem atender diversas demandas, podendo ser classificadas em comerciais e institucionais. As UAN comerciais incluem restaurantes, lanchonetes, cafés, bares, entre outros e as institucionais que incluem as escolas, hospitais, empresas, forças armadas por exemplo (EDWARDS, 2013).

O planejamento e organização de uma GA para um serviço de alimentação contempla uma série de diferentes atores, envolvendo desde cargos da alta direção até o manipulador de alimentos. O profissional nutricionista também tem um papel fundamental na construção e implementação neste processo (GONÇALVES, 2013; POSPISCHEK et al., 2014). O trabalho do nutricionista vai além do controle de qualidade e segurança dos alimentos nas refeições produzidas, e incluem atividades desde o planejamento dos cardápios, capacitação e educação de manipuladores, gerenciamento de resíduos, escolha de fornecedores e embalagens entre outros (GONÇALVES, 2013; POSPISCHEK et al., 2014; SANTOS; STRASBURG, 2016).

Para o funcionamento de uma UAN são necessários insumos que apresentam aspectos que causarão impactos ambientais (LLACH et al., 2013). Nas etapas de produção de refeições há um alto consumo de energia e água, uso de inadequado de produtos químicos, descarte inadequado de insumos orgânicos e embalagens plásticas e o desperdício de matérias-primas (ABREU; SPINELLI; SOUZA PINTO, 2016; GREEN RESTAURANTS ASSOCIATION, 2018). Neste contexto, é importante salientar a importância da criação de um sistema de gestão ambiental (GA) dentro dos serviços de alimentação e nutrição.

Em vista de todos os aspectos envolvidos na produção de refeições e os impactos que este tipo de serviço tem no meio ambiente, faz-se necessário a utilização de instrumentos que visam verificar os itens que estão envolvidos nesses processos. Portanto, o objetivo do estudo foi aplicar e diagnosticar os aspectos da gestão ambiental no espaço da produção de refeições de um serviço hospitalar universitário de grande porte.



2 METODOLOGIA

Essa pesquisa consiste em um estudo de caráter descritivo, com abordagem quantitativa e com finalidade aplicativa (PRODANOV; FREITAS, 2013). A coleta de dados foi utilizada as dependências do Serviço de Nutrição e Dietética (SND) de um hospital universitário público federal no segundo semestre de 2018. A aplicação do *checklist* ocorreu em dois momentos.

O SND do hospital tem como objetivo a produção e fornecimento de refeições para os pacientes, funcionários técnicos, residentes e alunos. Nos dias úteis, a estrutura de cozinha prepara mais de 7000 refeições, distribuídas entre café da manhã e da tarde, almoço, jantar e ceia. Essas refeições devem ser equilibradas nutricionalmente e seguras sob as normas higienicossanitárias vigentes.

O instrumento utilizado para a coleta de dados foi o *checklist* desenvolvido por Strasburg e Jahno (2017a). Esse instrumento tem como finalidade identificar as particularidades e a realidade do funcionamento de UAN em relação aos aspectos ambientais e é utilizado na avaliação da gestão ambiental nos restaurantes universitários de duas universidades públicas federais (STRASBURG et al., 2020).

O *checklist* está organizado em duas categorias 1) identificação e 2) operacionalização, sendo os aspectos a serem avaliados divididos em seis grupos. Os aspectos avaliados pelo *checklist* totalizam 73 itens pontuados distribuídos da seguinte forma: 1) Água (11 itens); 2) Energia elétrica (12 itens); 3) Gás (8 itens); 4) Produtos Químicos (10 itens); 5) Saúde e segurança (13 itens) e 6) Gestão de resíduos (19 itens) (STRASBURG; JAHNO, 2017a); conforme apresentado no quadro 1.

Os aspectos estão organizados em até três categorias (Quadro 2): identificação; processo simples (escolha de uma opção com pontuação 3 e 1); e processo múltiplo (onde um item analisado poderia ter mais de uma opção de resposta). O critério de pontuação foi desenvolvido considerando o valor “3” (três) como aspecto adequado (afirmativo) ou de melhor resultado para uma variável analisada. O valor “2” (dois) foi utilizado apenas nos itens de processo múltiplo (relacionadas com questões operacionais), indicando uma situação intermediária a alguma situação. Por fim, o valor “1” (um) considera o aspecto de inadequação (negativo) ou de pior resultado na avaliação possível.



Quadro 1. Parâmetros de Avaliação

Aspecto	Processo	Nº de itens	Pontuação
Água	Identificação	4	3 – 1
	Processo simples	1	3 – 1
	Processo múltiplo	6	3 - 2 – 1
Energia	Identificação	2	3 – 1
	Processo simples	3	3 – 1
	Processo múltiplo	7	3 - 2 – 1
Gás	Identificação	3	3 – 1
	Processo simples	5	3 – 1
Produtos Químicos	Identificação	5	3 – 1
	Processo simples	5	3 – 1
Saúde e Segurança	Processo simples	13	3 – 1
Gestão de Resíduos	Identificação	9	3 – 1
	Processo simples	4	3 – 1
	Processo múltiplo	6	3 - 2 – 1

Quadro 2. Modelo dos processos com pontuação.

Produtos Químicos			
Identificação			
1. Local possui relação de todos os produtos utilizados () Sim (3 pontos) () Não (1 ponto)			
Processo Simples			
6. Procedimentos de limpeza e sanitização de alimentos			
	3	Possui Procedimento Operacional Padrão (POP) da atividade	
	1	Não possui POP	
Preencher com o dígito 1 para a opção que se enquadrar na descrição.			

Processo Múltiplo

2. Produtos utilizados

	3	Produto(s) biodegradável	
	2	Produto(s) não biodegradável	
	1	Produto(s) corrosivo ou inflamável	

Preencher com o dígito 1 para a opção que se enquadrar na descrição.

Ao término da avaliação de cada grupo, os dados foram lançados em uma planilha de “consolidação de informações” no *software Microsoft Excel®*. Para o critério de conformidade da avaliação foi utilizado os parâmetros percentuais descritos na Resolução da Diretoria Colegiada (RDC) nº 275/2001 da Agência Nacional de Vigilância Sanitária (ANVISA) 20 considerando a seguinte orientação de pontuação: a) até 50% - insatisfatório; b) de 51 a 75% - bom; de 76 a 100% - muito bom.

3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

A caracterização do SND sobre as condições do espaço físico e os seus equipamentos se faz uma importante ferramenta de trabalho para o nutricionista, visto que permite uma gestão mais adequada em relação aos processos, tais como a elaboração do cardápio mais adequando com o tipo de equipamento, gestão de funcionários, entre outros. Além de permitir o conhecimento dos riscos físicos do local e manutenção preventiva mais efetiva. Para Barthichoto et al. (2013) é pertinente o nutricionista ter conhecimento do seu papel na GA de uma UAN, manter monitoramento constante e definir estratégias que visem a diminuição dos impactos ambientais.

Quadro 3. Caracterização obtida na aplicação de *checklist* ambiental no SND de um Hospital Universitário. Porto Alegre, 2018

Aspecto	Número de itens no SND	Identificação
Água	142	Torneiras de lavagem de mãos na produção (22); torneiras de lavagem de mãos nos vestiários (17); vasos sanitários (17); mictórios (3); chuveiros (47); torneiras na produção (26) e Bâsculas (10).
Energia	89	Ventiladores (1); Ar condicionado split (7); Câmara fria (5); Refrigerador (3); Freezer (1); Resfriador (3); Bifeteira (2); Torradeira (2); Fritadeiras (3); Máquina de café (7); Balcão térmico (15); Passthrough (10); Máquina de lavar louças (1);

		Máquina de gelo (1); Bebedouro com filtro (3); Processador de vegetais (3); Liquidificador (7); Batedeira (2); Microondas (1) e Coifas (12).
Gás	20	Chapa (2); Forno combinado (8); Fogão (3) e Caldeirão (7).

SND= Serviço de Nutrição e Dietética.

No aspecto Água, dentre os itens avaliados, as torneiras de lavagem de mãos estavam alocadas nos vestiários e no ambiente da produção de refeições. Foi verificado que no espaço da cozinha havia quatro tipos de acionamento (automático, convencional, com o joelho e com o braço) para as torneiras. Em relação aos vasos sanitários, mictórios e chuveiros, esses estão localizados nos vestiários comuns a todos os funcionários do hospital, apresentando um viés sobre o impacto ambiental real do SND para itens. Apesar de existir vasos sanitários e mictórios nos banheiros relativos à área de produção de refeições, esses são em pequena quantidade.

No aspecto Energia Elétrica foi possível caracterizar os equipamentos de uso contínuo (ex.: câmaras frias), uso diário (ex.: balcão térmico) e uso eventual (sob demanda) (ex.: forno combinado), além da verificação destes equipamentos pelo seu porte (pequeno, médio e grande), visto a importância destes equipamentos no consumo diários de energia. Dentre os equipamentos de grande porte e que são utilizados continuamente estão as câmaras frias, visto a grande importância para a conservação dos alimentos.

Em relação ao aspecto Gás deve ser destacado que essa é a outra fonte de energia utilizada para a preparação térmica de alimentos e sua utilização está relacionada com os equipamentos que foram elencados no quadro 3. Estudo de Strasburg e Jahno (2016) caracterizou o uso de água, energia e gás e as respectivas quantidades de itens numa avaliação de restaurantes universitários de uma instituição pública federal.

Quadro 4. Descritivo geral dos itens avaliados em *checklist* de gestão ambiental aplicado em um hospital de universitário público federal de grande porte.

Aspecto	Itens avaliados
Produtos químicos	1. Tipo dos produtos utilizados (biodegradáveis, não biodegradáveis, corrosivos ou inflamáveis); 2. Forma de utilização dos produtos de higiene (com dosador – automático ou dosador manual, sem nenhum tipo de dosador); 3. Recolhimento das embalagens pelos fornecedores; 4. Procedimento de limpeza e sanitização das instalações, equipamentos e utensílios (utilização de Procedimentos Operacionais Padronizados – POP). 5. Comprovação registrada das operações de limpeza das instalações e equipamentos.

Saúde e Segurança	1. Extintores de incêndio em área demarcada e de fácil acesso; 2. Extintores de incêndio com pó químico no prazo de validade; 3. Disjuntores de fácil acesso e identificados em caso de sinistro; 4. Local de fácil acesso para interromper fornecimento de água; 5. Tomadas padrão Inmetro de 3 pinos; 6. Local de fácil acesso para interromper fornecimento de gás; 7. Possuir informação sobre serviço de atendimento toxicológico; 8. Equipamentos de Proteção Individual (EPIs) para trabalhadores que manipulam produtos químicos e que realizam atividades com corte de alimentos e cocção; 9. Kit de primeiros socorros; 10. Cartazes de orientação sobre Ergonomia; 11. Mapa de riscos físicos, químicos e biológicos;
Gestão de Resíduos	1. Separação de resíduos; 2. Coletores de resíduos em cores diferenciadas; 3. Coletores de resíduos acionados sem contato manual; 4. Armazenamento dos resíduos em local adequado; 5. Realizado controle de pragas e manutenção de registros; 6. Forma da retirada dos resíduos; 7. Registro do número de refeições para programação diária; 8. Registro da sobra de cubas e resto-ingestão; 9. Realização de campanha de consumo consciente.


Legenda: Aspectos “Saúde e Segurança” e “Gestão de Resíduos” (itens 1 a 5; 7 a 9) opções de resposta “Sim” e “Não”.

A partir da aplicação do *checklist* foi possível obter a avaliação de cada um dos grupos e dos respectivos processos de identificação e de operacionalização. Foram quantificados e caracterizados o total de uso de cada um dos pontos de água, de equipamentos para o consumo de energia e de gás, os aspectos do ambiente quanto a segurança das instalações e também dos coletores de resíduos.

Tabela 1. Consolidação obtida na aplicação de *checklist* ambiental no SND do Hospital. Porto Alegre, 2018.

Parâmetro Avaliado	Processo	Pont mín.	Pont máx.	2018		
				Pontobt	Freq %	Cons
Água	Identificação	4	12	10	83,3	93,0
	Operacionalização	144	432	413	95,6	
Energia elétrica	Identificação	2	6	2	33,3	93,1
	Operacionalização	100	300	283	94,3	
Gás	Identificação	3	9	4	44,4	89,4
	Operacionalização	19	57	55	96,5	
Produtos químicos	Identificação	9	27	17	63,0	76,2
	Operacionalização	5	15	15	100	
Gestão de resíduos	Identificação	9	27	27	100	100
	Operacionalização	11	33	33	100	
Saúde e segurança no trabalho	Identificação	13	39	37	94,9	94,9
Total consolidado		319	957	896		91,1

Legenda: Pontmín.: pontuação mínima para o parâmetro; Pont máx.: pontuação máxima para o parâmetro; Pontobt.: pontuação obtida para o parâmetro; Freq (%): frequência do parâmetro; Cons.: média consolidada do parâmetro




O grupo que teve a menor pontuação foi o de produtos químicos, mas mesmo assim atingiu uma pontuação caracterizada como muito boa. O grupo com melhor pontuação foi o de gestão de resíduos que obteve adequação de 100%. Os grupos de avaliação do consumo de Energia e de Gás obtiveram as menores pontuações em relação ao processo de identificação, no entanto quanto a operacionalização ambos alcançaram pontuação acima de 90%, o que permitiu caracterizar o resultado consolidado dos dois grupos como muito boa na avaliação do consolidado.

O SDN não apresenta controle mensal do gasto com energia elétrica e água. Situação semelhante identificada em restaurantes universitários de duas instituições federais (STRASBURG et al. 2020. Atualmente existe uma preocupação crescente com o consumo consciente de água e energia elétrica e uma das formas mais simples e práticas é a de medição do consumo mensal. Associado a isso deve ser destacado também ações como a conscientização dos colaboradores e usuários contra o desperdício desses recursos e de manutenção preventiva dos equipamentos e instalações. (STRASBURG; FEIL, 2018). Peixoto et al. (2019) em estudo com servidores de uma universidade pública federal de Pernambuco para avaliar práticas sustentáveis, apontou como itens de verificação, o uso racional de recursos naturais (água e energia) e também da gestão de resíduos.

De acordo com informações divulgadas pela Companhia de Saneamento Básico do Estado de São Paulo (SABESP) uma torneira com gotejamento pode levar a um desperdício de 1.380 litros por mês. No SND do hospital as torneiras de acionamento convencional são utilizadas na lavagem de utensílios e equipamentos. Foi possível observar que por vezes as situações de vazamento nas torneiras cessavam quando os registros eram fechados adequadamente. A mesma situação foi verificada nos chuveiros dos vestiários, demonstrando a importância do colaborador nesse processo. Segundo Abreu et al. (2016) e Barthichoto et al. (2013) a conscientização e educação dos colaboradores tem papel fundamental na geração de impactos ambientais da UAN.

No aspecto Gás o item que apresentou menor pontuação foi o de identificação, visto que o local não apresentava controle do consumo mensal. Problemas relacionados com equipamentos mal regulados farão com que o consumo de gás seja mais elevado. Da mesma forma, problemas de regulagem em fogões podem fazer com que os utensílios (panelas) utilizadas escureçam e com isso seja necessário o uso de mais produtos para higienização e




água. Os processos de cocção com o uso de gás provocam ainda emissões atmosféricas de fumaça e vapor (STRASBURG; JAHNO, 2016).

No aspecto de Produtos Químicos o SND não apresentava lista de produtos utilizados, além de usarem produtos de diversas naturezas. Devido ao porte e natureza das operações foram encontrados produtos biodegradáveis, não biodegradáveis e corrosivos. Também a natureza dos produtos faz com que sua utilização seja feita ou de maneira manual ou também com dosadores automáticos como o caso da máquina de lavar louça. Para Barthichoto et al. (2013) é necessária a conscientização das UAN sobre o uso de produtos sanificantes biodegradáveis, seguindo as recomendações da *American Dietetic Association* (HARMON; GERALD, 2007). Deve-se instruir do uso adequado dos equipamentos de proteção individual (EPI) dos colaboradores e seguir as orientações de diluição corretas descritas nos Procedimentos Operacionais Padronizados (POP) para garantir o melhor desempenho de cada produto.

No aspecto da gestão de resíduos o hospital possui um serviço de Gestão Ambiental próprio que visa a separação dos itens em secos e orgânicos. Esses resíduos são destinados para cooperativas que realizam a separação e reciclagem dos itens, além do descarte adequado do óleo também realizado por empresa especializada. Há disponibilidade dos dois tipos de coletores de resíduos, entretanto o uso do *checklist* não avaliou a inspeção dos resíduos dentro das lixeiras, que poderiam estar com os resíduos não separados de forma adequada pelos colaboradores. Santos e Strasburg (2016) fizeram a caracterização dos tipos de resíduos das embalagens dos produtos utilizados para a produção de refeições em um hospital público.

Pospishek et al. (2014) informaram em seu estudo com 16 restaurantes comerciais da cidade de São Paulo que 87,5% dos estabelecimentos relatavam realizar a coleta seletiva. No entanto apenas 18,8% desses locais possuíam coletores específicos para separação de resíduos. Para Strasburg e Jahno (2017b) a adequada separação, caracterização, separação e destinação dos resíduos gerados tem papel fundamental na GA da UAN.

É importante considerar que na produção de refeições pode apresentar elementos potencialmente perigosos devido ao uso de água, eletricidade, gás e o uso de produtos químicos no mesmo ambiente. No aspecto Saúde e Segurança devem ser consideradas as condições de infraestrutura dos espaços físicos e o uso de EPI pelos colaboradores. Tendo um caráter mais preventivo esse grupo aponta a importância de que estar ciente desses riscos é fundamental para garantir a integridade física das pessoas e também da estrutura predial.



Quanto ao uso de *checklist* para verificar as condições de serviços de alimentação Colares et al. (2018) propuseram uma lista de verificação de boas práticas ambientais com 68 itens divididos em quatro blocos: resíduos sólidos, água, energia e documentação. Deve ser destacado que o uso do *checklist* ambiental desse estudo tem um caráter de aplicação interna para ser utilizado nos serviços de alimentação. A proposta também é diferente da de muitas empresas de consultoria que podem vender “selos sustentáveis” para restaurantes (STRASBURG; JAHNO, 2017b) a sua finalidade é a de permitir ao profissional nutricionista os subsídios para identificar os aspectos e impactos relacionados com as características particulares quanto a estrutura, processos e tipo de serviço.

No caso específico, o local investigado possui ligação direta com uma instituição de ensino superior (IES). Para Gazzoni et al. (2018), as IES possuem um papel fundamental, devendo servir como um exemplo para a sociedade nas questões relacionadas à sustentabilidade.

4 CONSIDERAÇÕES FINAIS


O uso do *checklist* permitiu identificar, caracterizar e quantificar o SND do hospital, visando os aspectos ambientais envolvidos na produção das refeições. A aplicação do *checklist* demonstrou que SND do hospital classificou-se como muito bom (91,1%) no resultado consolidado. O resultado permitiu a identificação dos principais pontos a serem melhorados, além da orientação para a criação e uso constante das informações para a avaliação da gestão ambiental para o serviço.

O *checklist* demonstrou-se como um importante instrumento de avaliação ambiental na prática do nutricionista a fim de instrumentalizar a gestão dos serviços de produção de refeições a fim de garantir o pleno funcionamento da estrutura e dos processos visando o monitoramento e controle dos impactos ambientais.

REFERENCIAS

ABREU, E. S.; SPINELLI, M. G. N.; SOUZA PINTO, A. M. **Gestão de unidades de alimentação e nutrição: um modo de fazer**. 5. ed. São Paulo: Metha; 2016. 378p.

BARTHICHOTO, M.; MATIAS, A.C.G.; SPINELLI, M. G. N.; ABREU E. S. Responsabilidade Ambiental: perfil das práticas de sustentabilidade desenvolvidas em unidades produtoras de refeições do bairro de Higienópolis, Município de São Paulo. **Qualit@s (UEPB)**, v. 14, p. 78-95, 2013. Disponível em: <<http://revista.uepb.edu.br/index.php/qualitas/article/view/1680/914>>. Acessado em: 17 nov. 2018.



BRASIL. Ministério da Saúde. **Resolução RDC nº 275, de 21 de outubro de 2002**. Dispõe sobre o regulamento técnico de procedimentos operacionais padronizados aplicados aos estabelecimentos produtores/industrializadores de alimentos e a lista de verificação das boas práticas de fabricação em estabelecimentos produtores/industrializadores de alimentos. Diário Oficial da União, Brasília, 2002.

COLLARES T.G.L. et al. Lista de verificação de boas práticas ambientais para os serviços de alimentação: elaboração, validação de conteúdo e confiabilidade interavaliadores. **Braslian Journal off Food Technology**. V.21. e 2017066, 2018.

DUARTE, F.M.; ALMEIDA, S.D.S.; MARTINS, K.A. Alimentação fora do domicílio de universitários de alguns cursos da área da saúde de uma instituição privada. **O Mundo da Saúde**, São Paulo, v. 37, n. 3, p. 288-298. 2013. Disponível em: <http://bvsmms.saude.gov.br/bvs/artigos/mundo_saude/alimentacao_fora_domicilio_universitarios_cursos.pdf>. Acesso em: 06 ago. 2018.

EDWARDS, J.S.A. The food service industry: eating out is more than just a meal. **Food Quality and Preference**, [s. l.], v. 27, n. 2, p. 223-229, 2013. Disponível em: <<https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0950329312000250>>. Acesso em: 06 ago. 2018.

FECOMÉRCIO. Federação do Comércio. **O uso racional da água no comércio**. 2010. Disponível em: <http://site.sabesp.com.br/site/uploads/file/asabesp_doctos/cartilha_fecomercio.pdf>. Acesso em: 17 nov. 2018.


GAZZONI, F. et al. O papel das IES no desenvolvimento sustentável: estudo de caso da Universidade Federal de Santa Maria. **Revista GUAL**, Florianópolis, v. 11, n. 1, p. 48-70, 2018. doi: <https://doi.org/10.5007/1983-4535.2018v11n1p48>

GONÇALVES, B. da S. **Gestão de resíduos e o papel do nutricionista**. [S.l.]: Conselho Federal de Nutrição, [2013]. Disponível em: <http://www.cfn.org.br/eficiente/repositorio/Noticias/palestras_encontro/resultado_concurso_experiencias/732.pdf>. Acesso em: 06 ago. 2018.

GREEN RESTAURANTS ASSOCIATION. Green Restaurant® **Certification Standards**. [S.l.]: [2018]. Disponível em: <<http://www.dinegreen.com/certification-standards>>. Acesso em: 06 ago. 2018.

HARMON, A.H.; GERALD, B.L. Position of the American Dietetic Association: food and nutrition professionals can implement practices to conserve natural resources and support ecological sustainability. **Journal of The American Dietetic Association**, v. 107, n. 6, p.1033-1043, 2007. Disponível em: < <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/17571455>>. Acesso em: 14 ago. 2018.

LEAL, D. Crescimento da alimentação fora do domicilio. **Segurança Alimentar e Nutricional**, Campinas, v. 17, n. 1, p. 123-132, 2010. Disponível em: <<https://periodicos.sbu.unicamp.br/ojs/index.php/san/article/view/8634806/2725>>. Acesso em: 06 ago. 2018.



LLACH, J.; *et al.* Joint impact of quality and environmental practices on firm performance in small service businesses: an empirical study of restaurants. **Journal of Cleaner Production**, [s.l.], n. 44, p. 96-104, 2013. Disponível em: < <https://pubag.nal.usda.gov/catalog/1005559>>. Acesso em: 06 ago. 2018.

PEIXOTO, C.S.B, de Sá et al. Práticas sustentáveis: estudo de caso em uma instituição de ensino superior. **Revista Gestão Universitária na América Latina - GUAL**, Florianópolis, p. 230-252, maio 2019. ISSN 1983-4535. Disponível em: <<https://periodicos.ufsc.br/index.php/gual/article/view/1983-4535.2019v12n2p30>>. Acesso em: 30 jun. 2020. doi:<https://doi.org/10.5007/1983-4535.2019v12n2p30>.

POSPISCHEK, V.S.; SPINELLI, M.G.N.; MATIAS, A.C.G. Avaliação de ações de sustentabilidade ambiental em restaurantes comerciais localizados no município de

São Paulo. **Demetra**, São Paulo, v. 9, n. 2, p. 595-611, 2014. Disponível em: < <http://www.e-publicacoes.uerj.br/index.php/demetra/article/viewFile/8822/10251>>. Acesso em: 06 ago. 2018.

PRODANOV, C.C.; FREITAS, E.C. **Metodologia do trabalho científico: métodos e técnicas da pesquisa e do trabalho acadêmico**. Novo Hamburgo: Feevale, 2013 Disponível em: < <http://www.feevale.br/Comum/midias/8807f05a-14d0-4d5b-b1ad-1538f3aef538/E-book%20Metodologia%20do%20Trabalho%20Cientifico.pdf>>. Acesso em: 06 ago. 2018.

RODGERS, S. Food service research: an integrated approach. **International Journal of Hospitality Management**, [S.l.], v. 30, n. 2, p. 477-483, 2011. Disponível em: <<https://pdfs.semanticscholar.org/bd08/bafc40656b25b09bfb333719459c15f09bc2.pdf>>. Acesso em: 06 ago. 2018.

ROHRICH, S.S.; CUNHA, J.C.A proposição de uma taxonomia para análise da gestão ambiental no brasil. **Revista de Administração Contemporânea**, [S.l.], v. 8, n. 4, p. 81-97. out./dez. 2004. Disponível em: <<http://www.scielo.br/pdf/rac/v8n4/v8n4a05.pdf>>. Acesso em: 06 ago. 2018.

SANTOS, A.V.; STRASBURG, V.J. Caracterização e análise dos resíduos de embalagens gerados na produção de refeições de um hospital público de Porto Alegre, RS. **Estudo & Debate**, Lajeado, v. 23, n. 2, p. 296-310, 2016. Disponível em: <<http://www.univates.br/revistas/index.php/estudoedebate/article/view/1154/1057>>. Acesso em: 06 ago. 2018.

STRASBURG, V.J.; FEIL, A.A. Uso de recursos hídricos e energia: aspectos e impactos na produção e no desperdício de alimentos. In: ZARO, M. **Desperdício de alimentos: velhos hábitos, novos desafios**. Caxias do Sul, RS: Educs, 2018. p. 59-82.

STRASBURG, V.J.; JAHNO, V.D. Characterization of environmental aspects and impacts of five university restaurants at a public higher education institution in Brazil. **RBCIAMB**, n. 41, p. 111-121, set 2016. Disponível em:<http://abes-dn.org.br/publicacoes/rbciamb/Ed41/RBCIAMB_n41_111-121.pdf>. Acessado em: 18 nov. 2018.



STRASBURG, V.J.; JAHNO, V.D. Desenvolvimento de instrumento operacional na produção de refeições como recurso para gestão ambiental. In: GANZER, A. A.; *et al.* **Educação ambiental e meio ambiente em pauta**. Novo Hamburgo: Feevale, 2017a. p. 320-335.

STRASBURG, V.J.; JAHNO, V.D. Paradigmas das práticas de gestão ambiental no segmento de produção de refeições no Brasil. **Engenharia Sanitária e Ambiental**, Rio de Janeiro, v. 22 n. 1, p. 3-12, jan/fev.2017b. Disponível em: <http://www.scielo.br/scielo.php?pid=S141341522017000100003&script=sci_abstract&tlng=pt>. Acesso em: 06 ago. 2018.

STRASBURG, V.J.; PEREIRA, D.K.; HATJIATHANASSIADOU, M.; SEABRA, L.M.J.; ROLIM, P. Uso de un instrumento de evaluación de rendimiento ambiental en restaurantes universitarios brasileños. In.: MUÑOZ, O.M; CABEZAS, V.C. **Sustentabilidad en universidades de Iberoamérica**. Santiago (Chile): Ediciones Universidad Tecnológica Metropolitana, 2020. p. 182-190

TINOCO, J.E.; KRAEMER, M.E.P. **Contabilidade e gestão ambiental**. São Paulo: Atlas, 2011.



CAPÍTULO 33

ANÁLISE ESPACIAL DOS ASPECTOS DO SANEAMENTO DE AGLOMERADOS SUBNORMAIS DA SUB-BACIA DO CANAL DO CUNHA

Thiago Corrêa de Almeida, Doutorando em Saúde Pública e Meio Ambiente - ENSP/FIOCRUZ

Adriana Sotero-Martins, Pesquisadora Titular em Saúde Pública da Fundação Oswaldo Cruz (FIOCRUZ) - Escola Nacional de Saúde Pública (ENSP) - Departamento de Saneamento e Saúde Ambiental (DSSA), Professora dos cursos de Pós-Graduação Stricto e Latu Sensu dos Programas da ENSP/FIOCRUZ e IOC/FIOCRUZ

Rejany Ferreira dos Santos, Mestre em Dinâmicas dos Oceanos e da Terra -UFF, Bolsista de Extensão do projeto Promoção de Territórios Urbanos Saudáveis (Coop. Social da Presidência/ FIOCRUZ)

Maria José Salles, Doutora em Ciências (ENSP/FIOCRUZ), Pesquisadora Associada em Saúde Pública da Fundação Oswaldo Cruz (FIOCRUZ) - Escola Nacional de Saúde Pública (ENSP) - Departamento de Saneamento e Saúde Ambiental (DSSA)


RESUMO

A água como um direito humano foi reconhecido pela Assembleia Geral das Nações Unidas. A maioria da população que mora nas favelas do Rio de Janeiro não tem serviço regular de abastecimento de água. Por conta disso, acabam adotando métodos alternativos de abastecimento domiciliar. Este trabalho teve como objetivo analisar espacialmente as áreas vulneráveis da Sub-bacia do Canal do Cunha (SBCC), caracterizando as áreas relacionadas à falta de água, esgotamento sanitário e localização geográfica de fontes alternativas de água em aglomerações subnormais (ASNs). Foram identificados dezesseis ASNs com médias e baixas taxas de acesso aos serviços de esgotamento sanitário básico na SBCC. A utilização de nascentes ou poços como forma alternativa de abastecimento de água atende um total de 946 domicílios e um universo de 3.328 pessoas nas ASNs. A SBCC tem um alto percentual de desmatamento. Analisando os domicílios que utilizam nascentes e/ou poços, observou-se que 97,77% estavam concentrados em ASNs que possuíam remanescentes de vegetação em seu perímetro.

Palavras-chaves: áreas de vulnerabilidade; saneamento, nascentes, vegetação, bacia hidrográfica

INTRODUÇÃO

No diagnóstico da situação de saúde das populações, as condições de vida em áreas delimitadas assumem fundamental papel no entendimento de como é possível prevenir os riscos e evitar danos à saúde (MONKEN, 2005). A segregação socioespacial ao acesso aos serviços urbanos, como o saneamento básico adequado, permite entender e correlacionar o valor da terra




com a universalização dos serviços e o lugar de habitação de moradores de baixa renda, e a territorialização do processo saúde-doença (MUDEGE, 2011).

Diversos estudos relatam a forte relação entre as questões de saneamento e saúde pública, evidenciando que a mortalidade infantil pode ser reduzida com o aumento do percentual da população atendida por serviços de esgotamento sanitário (ASHBOLT, 2004; TEIXEIRA e GUILHERMINO, 2006; SALLES, 1994).

A Organização das Nações Unidas (ONU) ratifica a importância do saneamento básico através do Objetivo de Desenvolvimento Sustentável 6 (ODS 6), que busca assegurar a disponibilidade e gestão sustentável da água e saneamento para todas e todos, abrangendo o acesso universal e equitativo de forma que as populações socioambientalmente vulneráveis residente das periferias do mundo tenham direito a esse bem essencial a vida. No entanto, as políticas públicas no Brasil, voltadas para as questões que contemplam o saneamento básico em todo o território tem se mostrado insuficientes ou inadequadas. Segundo o Plano Nacional de Saneamento Básico (PLANSAB), o abastecimento de água é considerado inadequado quando: inexistência de canalização interna domiciliar; água fora dos padrões de potabilidade; e intermitência da fonte de abastecimento. (BRASIL, 2013).

Dentro desse cenário, encontra-se grande parte da população residente nas favelas do município do Rio de Janeiro. Tais moradores convivem diariamente com a problemática da falta de água em suas casas. Por estarem excluídos do sistema regular de abastecimento, são obrigados a recorrerem a métodos irregulares ou alternativos para contornar essa questão. Esse processo oferece riscos à saúde da população, pois as tubulações, muitas vezes de material de baixa qualidade e assentados de forma irregular, podem ser danificados ao longo da rede construída, gerando risco de contaminação da água por esgoto ou resíduos do lixo, e assim, afetando diretamente a saúde humana (HANDAM et al, 2017). Destaca-se também que em momentos de crise hídrica, limpeza do sistema, reparo das estações de tratamento de água ou devido a necessidade de realizar manobras, as áreas periféricas do município são afetadas de forma desigual pelo desabastecimento, ocasionando sempre maior impacto nas populações socioambientalmente vulnerabilizadas (MARQUES, 1996; NERI, 2010).

A Sub-bacia Hidrográfica do Canal do Cunha (SBCC) possui o maior contingente de pessoas morando em favelas, somando 133 comunidades e 24 loteamentos irregulares em um território de 7.015,99 hectares, sendo somente 415,43 hectares de áreas naturais. É considerada a sub-bacia mais poluída em termos de qualidade do ar da cidade do Rio de Janeiro. Ocupa



totalmente ou parcialmente 36 bairros, sendo alguns deles considerados bairros com maior densidade demográfica e com os menores per capita da cidade. É cortada por um conjunto de vias coletoras de primeira ordem e vias arteriais que fazem da região uma área de passagem, possuindo também o canal que lhe dá o nome, esse com características de poluição superiores aos padrões adotados para a classe 3 da Resolução CONAMA 357/2005. (AMARAL, 2006). As áreas de morros situadas na SBCC, assim como ocorrem em outros territórios favelizados, vivenciam a falta de abastecimento de água cotidianamente, obrigando parte da população a utilizar sistemas de bombeamento para que a água alcance as partes mais altas e pontas de rede. Portanto, a falta d'água atinge primeiro e, de forma mais acentuada, as áreas favelizadas, que são atendidas de forma precárias, não tem condições de pagar por serviços de qualidade, e ficam sem ter como reclamar de forma digna (PRIETO, 2011).

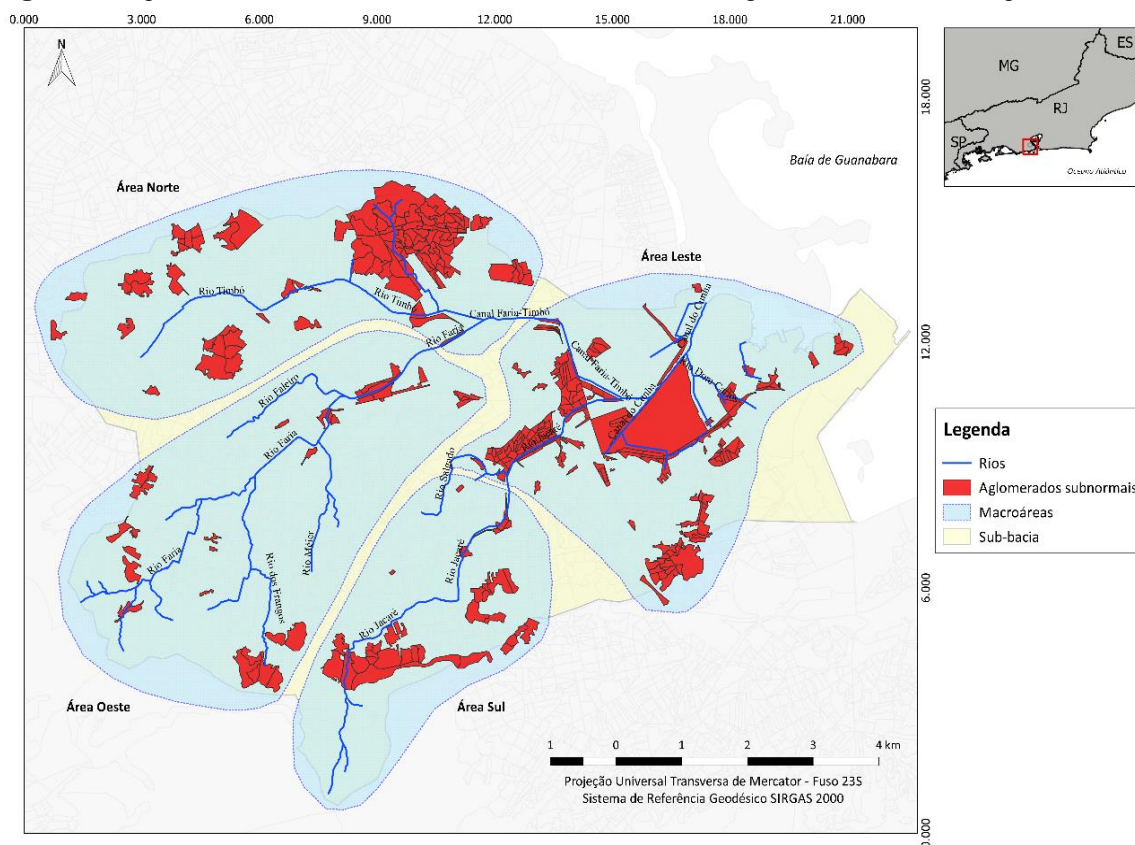
Dentre as tecnologias ambientais que podem reduzir os problemas de saneamento em comunidades faveladas, destacam-se o aproveitamento de água das nascentes, que são comumente drenadas para pequenos córregos e rios ou diretamente conectadas às galerias de drenagem pluvial em ambientes urbanos (GENRICH, 2002). Segundo o Código Florestal nº. 12.651/2012, em vigor no Brasil, é imperativo proteger as áreas adjacente às nascentes para evitar a degradação do ambiente e a contaminação da água pelas atividades antrópicas, entretanto, na maior parte das favelas esse tipo de contaminação acaba ocorrendo (CALHEIROS et al, 2009). Diante do cenário apresentado se faz necessário realizar estudos que visem a Avaliação de Impactos Ambientais (AIA) e aspectos do saneamento dos aglomerados subnormais, considerando as condições das nascentes para subsidiar atividades de gestão e planejamento dos recursos hídricos, frente ao problema desencadeado pela ocupação urbana nas comunidades (SÁNCHEZ, 2008). Desta forma, esse trabalho teve como objetivo analisar espacialmente as áreas vulneráveis da SBCC, caracterizando macroáreas representativas dos principais rios quanto a falta de água, de esgotamento sanitário e localização geográfica da utilização de nascentes e/ou poços por domicílios em aglomerados subnormais. Visando apontar dentro dos territórios dos aglomerados subnormais, quais áreas com população vivendo em condições de pobreza apresentam condições de saúde pública mais vulneráveis quanto aos aspectos de saneamento.

MATERIAIS E MÉTODOS

O estudo considerou a área geográfica da Sub-bacia Hidrográfica do Canal do Cunha (SBCC), localizada no município do Rio de Janeiro, na Região Metropolitana do estado, situada na parte oeste da bacia hidrográfica da Baía de Guanabara.


Foi adotada a divisão da sub-bacia por macroáreas de influência dos rios, sendo elas: área norte (influência da região a montante do Rio Timbó, antes da junção com o Rio Faria); área oeste (influência da região a montante dos rios Faria e Faleiro); área sul (influência da região a montante do Rio Jacaré) e área leste (região de drenagem de todos esses rios no Canal do Cunha, que deságuam na Baía de Guanabara) (Figura 1).

Figura 1: Mapa da Sub-bacia do Canal do Cunha com a divisão dos aglomerados subnormais por macroáreas.



Fonte: Elaborado pelos autores

Os dados contendo informações sobre a utilização das nascentes por domicílio, abastecimento de água, e serviço de esgotamento sanitário dos aglomerados subnormais (ASN) foram obtidos através do portal do Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE, 2010) seguindo o caminho: opção estatísticas; censos; censo demográfico 2010; aglomerados subnormais. Os dados coletados referem-se aos domicílios particulares permanentes em aglomerados subnormais, cuja forma de abastecimento de água era realizada mediante a captação por nascentes ou poços, localizados dentro ou fora da propriedade. O IBGE define




ASN como um conjunto constituído de, no mínimo, 51 unidades habitacionais (barracos, casas, etc.) carentes, em sua maioria de serviços públicos essenciais, ocupando ou tendo ocupado, até período recente, terreno de propriedade alheia (pública ou particular) e estando dispostas, em geral, de forma desordenada e/ou densa.

O dado relativo ao abastecimento domiciliar refere-se ao abastecimento de água pela rede geral de distribuição da companhia responsável, enquanto o dado relativo ao esgotamento sanitário refere-se aos domicílios que possuem rede geral de esgoto ou pluvial. Tais dados foram tabulados em planilha eletrônica (Microsoft Excel 2016) contendo colunas com nome do aglomerado subnormal, a quantidade de domicílios dentro do aglomerado que utilizavam a forma de abastecimento supracitada, a coordenada geográfica do aglomerado e seu respectivo código identificador. Para compor o dado socioeconômico de baixa renda foram considerados os valores sobre os domicílios particulares com rendimento nominal mensal per capita com 1 ou 2 salários mínimos e domicílios particulares sem rendimento nominal mensal (IBGE, 2010).

A planilha gerada no programa Microsoft Excel foi salva na extensão .csv e posteriormente aberta no software livre *Quantum-GIS* (QGIS) 2.18, um sistema de informação geográfica licenciado pela General Public License (GNU). Os dados referentes às coordenadas geográficas foram convertidos em formato vetorial de pontos para representar a localização das nascentes no mapa temático confeccionado. Foram incluídos somente os aglomerados subnormais pertencentes a área da Sub-bacia do Canal do Cunha, de acordo com os limites da base cartográfica da sub-bacia, disponibilizada no portal da Agência Nacional de Águas (ANA, 2018). Para georreferenciação dos aglomerados subnormais (favelas), hidrografia e pontos vetoriais foi adotada a Projeção Universal Transversa de Mercator (UTM) fuso 23S e Sistema de Referência Geodésico SIRGAS 2000, com escala 1:50000. A base cartográfica utilizada para representação dos aglomerados subnormais, assim como as bases cartográficas dos setores censitários foram obtidas do portal do IBGE (IBGE, 2010). A base cartográfica referente à cobertura vegetal foi obtida no portal DataRio da Prefeitura da Cidade do Rio de Janeiro.

Os dados relativos à localização e uso das nascentes, abastecimento de água e esgotamento sanitário foram tabulados e inseridos no programa QGIS para análise. Foram calculadas as áreas de cada aglomerado subnormal presente dentro da sub-bacia com a finalidade de obter a densidade demográfica dos mesmos, assim como a densidade demográfica total dos aglomerados presentes em cada macroárea. Os valores de densidade demográfica



foram calculados utilizando a fórmula: *número de habitantes/área do polígono do bairro (km²)*, dentro do programa QGIS.


Foram calculadas, em valores percentuais, a cobertura da rede de distribuição de água e de esgotamento sanitário para cada aglomerado. Posteriormente, os mesmos foram representados e analisados através de mapas temáticos. Os aglomerados subnormais foram analisados quanto ao acesso aos serviços de abastecimento de água e coleta de esgoto, representados pelos números destacados na Figura 2-A: (1) Parque Nova Maracá; (2) Parque Proletário Engenho da Rainha; (3) Parque Everest; (4) R. Lagoa Redonda; (5) Morro Inácio Dias; (6) Fazendinha de Água Santa; (7) Bairro Ouro Preto; (8) Seu Pedro; (9) Santa Terezinha ; (10) Dona Francisca); (11) Vila Angela; (12) Morro do Queto; (13) Comunidade Estação Mangueira; (14) Vila União; (15) Parque Carlos Chagas (16) Avenida Canal e Patachoca.

A utilização das nascente como fonte alternativa de abastecimento domiciliar foi georreferenciado no programa QGIS, gerando um mapa de distribuição espacial a nível de bairro: (1) Água Santa, (2) Abolição, (3) Benfica, (4) Bonsucesso, (5) Cachambi, (6) Caju, (7) Cascadura, (8) Cavalcanti, (9) Complexo do Alemão, (10) Del Castilho, (11) Encantado, (12) Engenheiro Leal, (13) Engenho da Rainha, (14) Engenho de Dentro, (15) Engenho Novo, (16) Higienópolis, (17) Imperial de São Cristovão, (18) Inhaúma, (19) Jacaré, (20) Jacarezinho, (21) Lins de Vasconcelos, (22) Mangueira, (23) Manguinhos, (24) Maré, (25) Maria da Graça, (26) Méier, (25) Piedade, (28) Pilares, (29) Quintino Bocaiúva, (30) Riachuelo, (31) Rocha, (32) Sampaio, (33) São Francisco Xavier, (34) Todos os Santos, (35) Tomás Coelho e (36) Vasco da Gama (Figura 3). A representação do número de nascentes por aglomerado foi realizada utilizando o método de símbolos proporcionais. A construção do mapa de Kernel, método estatístico de estimação de curvas de densidades, também foi empregada para aprimorar a interpretação dos padrões de distribuição e utilização das nascentes, permitindo uma análise espacial mais refinada.

Embora a lei 11.945/2007 no Brasil descreva os quatro componentes do saneamento (água, esgoto, resíduos sólidos e águas pluviais), este trabalho assume como saneamento os serviços de abastecimento de água e esgotamento sanitário.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

A área total dos aglomerados subnormais ocupa 14,53% da SBCC, e a localização dessas áreas ocorre majoritariamente próxima aos rios. Nas macroáreas de influência dos principais rios da sub-bacia, o percentual de ASN foi de: 25,22% na área norte; 18,26% na área



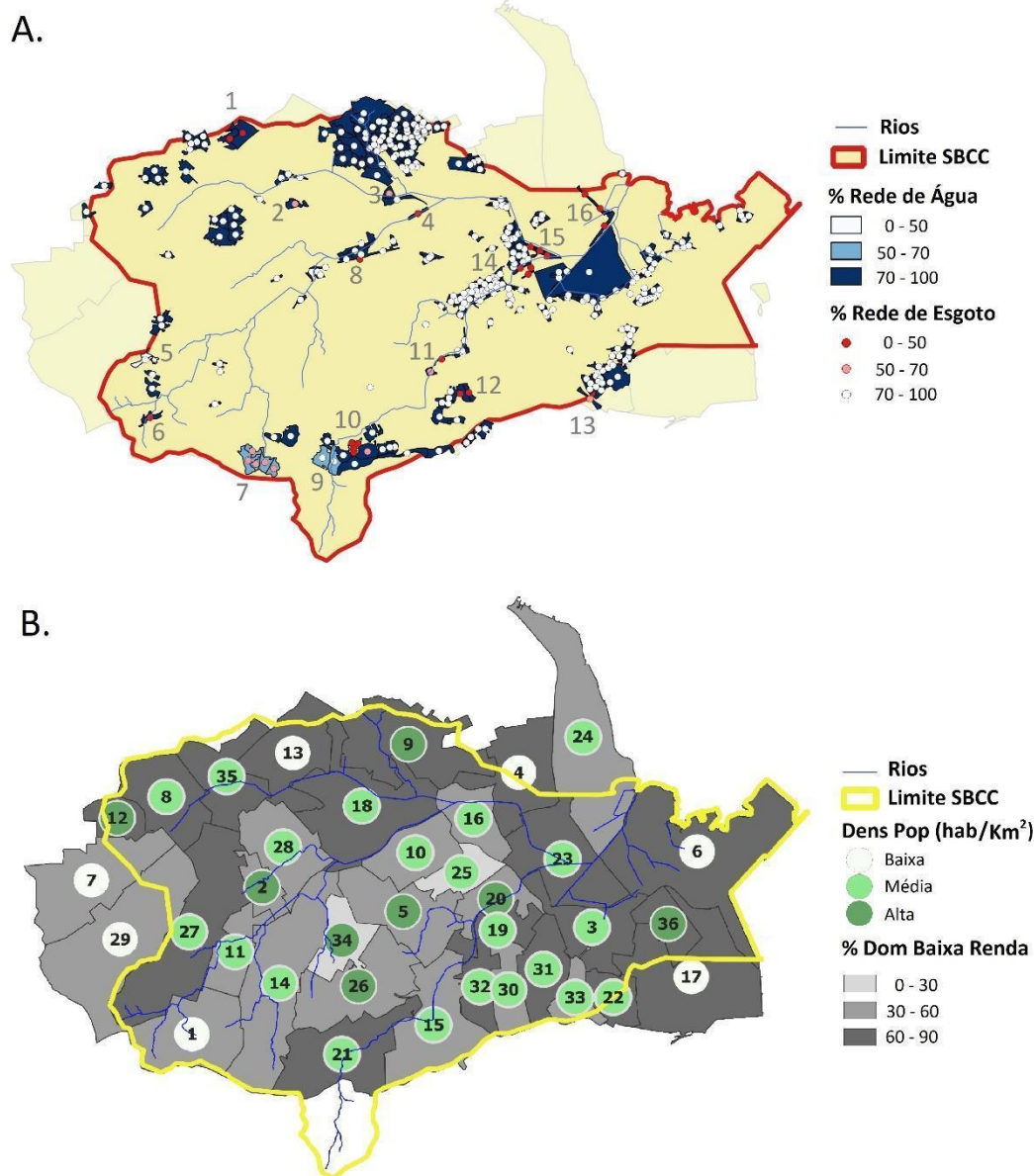
sul; 16,52% na área oeste; e 40% na área leste. Assim, a macroárea leste possui o maior número de ASNs que sofrem com os efeitos do desague das águas provenientes de outras regiões dentro da sub-bacia. Dias e Cunha (2017) descreveram que os impactos causados pelas obras de engenharia alteraram o comportamento dos rios da SBCC e de seus principais tributários. Os autores relataram que trechos dos rios Faria, Timbó, Méier, afluente do rio Faria e do Canal do Cunha foram impactados com a construção de vias, prédios e favelas sobre os canais de curso dos rios, gerando modificações no padrão de drenagem do solo, supressão da mata ciliar, e alteração de habitats naturais. Todo o processo descrito contribuiu para intensificar a carreação de sedimentos dentro desses cursos de água. Assim, as intervenções antrópicas dentro da SBCC geraram significativas transformações fluviais, causando a artificialização dos rios e seus tributários. Destaca-se também que as obras realizadas, cujo objetivo visava solucionar os problemas das inundações, não obtiveram o êxito esperado.

A partir da análise dos dados oriundos do IBGE (2010) para os ASNs da SBCC em relação ao serviço de esgotamento sanitário, foi constatado que 87,51% dos domicílios em ASNs afirmaram possuir rede geral de esgoto ou pluvial. Enquanto que 10,72% dos moradores afirmaram utilizar fossa séptica, fossa rudimentar ou vala como forma de esgotamento e somente 1,77%, lançam os efluentes diretamente nos rios.

Analisando os dados pelo recorte das macroáreas, verificou-se que a área leste apresentou o maior número de domicílios que possuíam rede geral de esgoto ou pluvial (92,14%), seguido da área sul (87,69%); área oeste (86,32%); e norte (81,85%). Ao analisar o despejo de efluente domiciliar nos rios da sub-bacia, foi constatado que a área oeste apresentou o maior percentual de domicílios com essa característica (3,16%). A área sul ficou posicionada em seguida com 2,71% das residências. O setor leste apresentou 1,96% dos domicílios, e a área norte foi aquela com o menor percentual de lançamento de efluentes (0,82%).


Na macroárea norte, quatro ASNs apresentaram níveis de médio a baixo acesso ao serviço da rede coletora de esgoto domiciliar sendo eles (1) Parque Nova Maracá; (2) Parque Proletário Engenho da Rainha; (3) Parque Everest; (4) R. Lagoa Redonda (Figura 2-A). Conforme na figura 2-B, somente nas localidades dos ASNs (1) e (3), respectivamente nos bairros de Tomás Coelho (35) e Del Castilho (18) possuem dados de condições socioeconômica desfavoráveis e média-alta da densidade populacional.

Figura 2: Representação da relação do acesso ao abastecimento de água pela rede geral e a rede de coleta de esgoto, com dados socioeconômicos para a SBCC. **A.** Percentual de domicílios com água e esgoto da rede nos ASN. Sinalizado em números cinza as regiões dos ASN com acesso domiciliar aos serviços de saneamento básico nas categorias médio (faixa com 50 - 70% domicílios) e baixo (faixa entre 0 - 50% domicílios). **B.** Relação da densidade demográfica e da renda por bairros. Destaque para regiões com média e alta densidade populacional e taxa de domicílios com baixa renda.



Fonte: Elaborado pelos autores

Na macroárea oeste, quatro ASNs apresentaram proporção de acesso domiciliar aos serviços de saneamento básico de água e esgoto (Figura 2-A), sendo as regiões (5) Morro Inácio Dias e (7) Bairro Ouro Preto, os ASNs com as piores condições de acesso aos serviços, pois apresentaram níveis de acesso a rede de esgoto e de água em baixa e média proporção (Figura 2-A). Esses dados corroboram com os descritos nas análises de mapa de calor por Kernel (Figura 3-B), pois demonstram ser as áreas que concentram domicílios com uso de água de nascentes ou poços. Enquanto nos ASNs: (6) Fazendinha de Água Santa e (8) Seu Pedro




apresentaram proporção de médio a baixo acesso somente ao serviço de coleta de esgoto domiciliar por rede (Figura 2-A), embora a condição socioeconômica nessas localidades não fosse muito desfavorável, sendo a macroárea que apresenta melhores condições nesse aspecto.

Na macroárea sul também foram quatro ASNs que apresentaram problemas no acesso de saneamento para água e esgoto (Figura 2-A), sendo o ASN da comunidade (9) Santa Terezinha a única que apresentou baixo percentual de acesso de água da rede geral. Esses dados também corroboram com os descritos nas análises de mapa de calor por Kernel (Figura 3-B), por ser uma das áreas que concentram domicílios que usam água de nascentes ou poços. Enquanto que nos ASNs (10) Dona Francisca; (11) Vila Ângela e (12) Morro do Queto o baixo percentual foi relacionado somente quanto ao acesso ao esgoto (Figura 2-A). Essa macroárea apresentou dois ASNs em condições socioeconômicas desfavoráveis, com relação entre a média-alta densidade populacional, a taxa de domicílios com baixa renda e falta dos serviços de saneamento de água e esgoto, sendo elas o ASN (9) Santa Terezinha e (10) Dona Francisca, localizados no bairro de Lins de Vasconcelos e (11) Vila Ângela, localizada no bairro do Sampaio.

Na macroárea leste, quatro ASNs também apresentaram proporção de médio a baixo acesso somente ao serviço de rede coletora de esgoto domiciliar (Figura 2-A), sendo em (13) Com. Estação Mangueira; (14) Vila União; (15) Parque Carlos Chagas; (16) Avenida Canal e Patachoca. Somente na localidade do ASN (15) Parque Carlos Chagas, no bairro de Manguinhos, foram encontrados condições socioeconômicas desfavoráveis e média-alta densidade populacional (Figura 2-B).

Segundo Rodrigues (2016), o padrão de ocupação do solo nos ASNs apresenta duas características importantes, a autoconstrução das moradias nas favelas e a ausência de projetos de loteamento. A falta de política pública para o setor habitação e de regularização urbanística e fundiária dos terrenos terminou por gerar conflitos fundiários e consolidar as ocupações irregulares. Foi delegado às associações de moradores liderar e controlar o processo de ocupação desses territórios, o que se deu em sua maioria, pela população de baixa renda. Motivados pelas necessidades básicas de abrigo, acesso a recursos fundamentais, como água e energia elétrica, bem como transporte entre domicílio e local de trabalho. Silva et al (2018) também destaca a questão da legalidade das comunidades com os serviços públicos coletivos até o final da década de 1970. Por serem consideradas ilegais, as favelas comumente não foram interligadas aos serviços públicos de água e luz. Devido a proibição para conectar os domicílios



às redes de abastecimento, muitas comunidades foram servidas por bicas (nascentes) coletivas por décadas. Essa distribuição desigual ao acesso domiciliar aos serviços de saneamento básico (rede geral de água e esgoto) permite identificar onde são necessários investimentos para que essa política pública possa atingir as localidades mais carentes (TONETO JR & SAIANI, 2010).

Foram identificados 16 ASNs com índices médio e baixo de acesso aos serviços de esgotamento básico na SBCC. Desse montante, a situação é agravada em 6 ASNs, corroborando pelo fato dessas áreas possuírem o maior número de domicílios com baixas condições socioeconômicas (Figura 2), sendo eles (1) Parque Nova Maracá; (3) Parque Everest; (9) Santa Terezinha; (10) Dona Francisca; (11) Vila Ângela; (15) Parque Carlos Chagas. Esses dados indicam a necessidade do município formular um conjunto de políticas públicas, em especial de saneamento, para essas localidades, e atender prioritariamente essas 6 áreas de ASNs dentro da sub-bacia.

Abastecimento dos ASNs por nascentes e/ou poços

Em relação às formas de abastecimentos de água nos ASNs da SBCC, foi observado que 96,39% dos domicílios obtêm água na rede de abastecimento; 1,18% dos domicílios usam a captação por meio de nascentes ou poços; e 0,003% das residências informaram que somente utilizam água captada dos rios. As outras formas de abastecimento (caixa d'água e água da chuva armazenada) representaram 2,43% da água utilizada pelas residências. Apesar do baixo percentual de domicílios que utilizam nascentes e/ou poços como forma de abastecimento, quando comparado às outras formas de captação, esse tipo de abastecimento atende um total de 946 residências, e um universo de 3.328 indivíduos nos ASNs. O percentual de domicílios abastecidos pela água da rede oficial corrobora com os resultados de D'Ottaviano & Pasternak (2015). Nesse estudo os autores realizaram uma análise comparativa das condições de infraestrutura entre domicílios localizados em aglomerados subnormais e em cidades de pequeno e médio no Brasil utilizando dados do Censo 2010 do IBGE. O resultado do indicador *abastecimento de água* evidenciou que os domicílios em ASNs apresentaram melhores condições de abastecimento, quando comparados com domicílios pertencentes a pequenos municípios, com cobertura de 88,43% das residências em ASNs conectadas à rede geral de abastecimento de água no país. Conhecendo a realidade sanitária das favelas no Brasil, pode-se levantar questões sobre a metodologia do questionário aplicado em ASNs para obtenção dos resultados divulgados, visto que a mesma não abrange as especificidades necessárias para captar realidade do saneamento local. Destaca-se também a relação entre os resultados

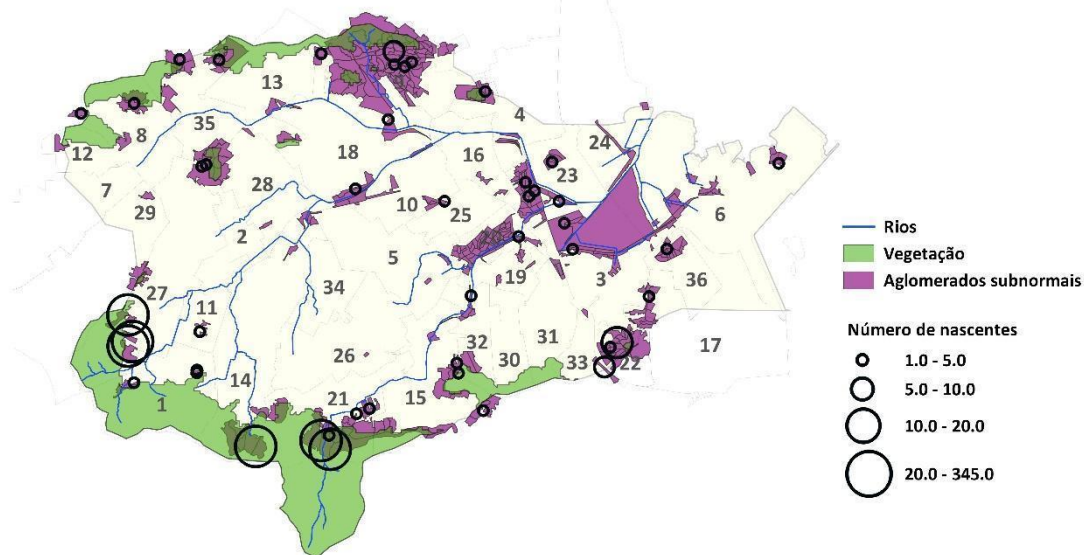


encontrados e a percepção dos moradores sobre a captação de água, uma vez que a rede doméstica, embora não oficial, está conectada ao sistema de abastecimento da cidade. Segundo Britto et al. (2017), a precariedade do saneamento dentro do município incide diretamente sobre a degradação dos recursos hídricos existentes, associando as desigualdades sociais com a degradação ambiental. Enfatiza-se também a necessidade de cumprimento da Política Municipal de Saneamento Básico (PMSB) e do Plano Diretor de Manejo de Águas Pluviais vigente, cuja proposta para a região da SBCC, visa incentivar a revitalização e renovação urbana, com investimentos em infraestrutura e construção de moradia.

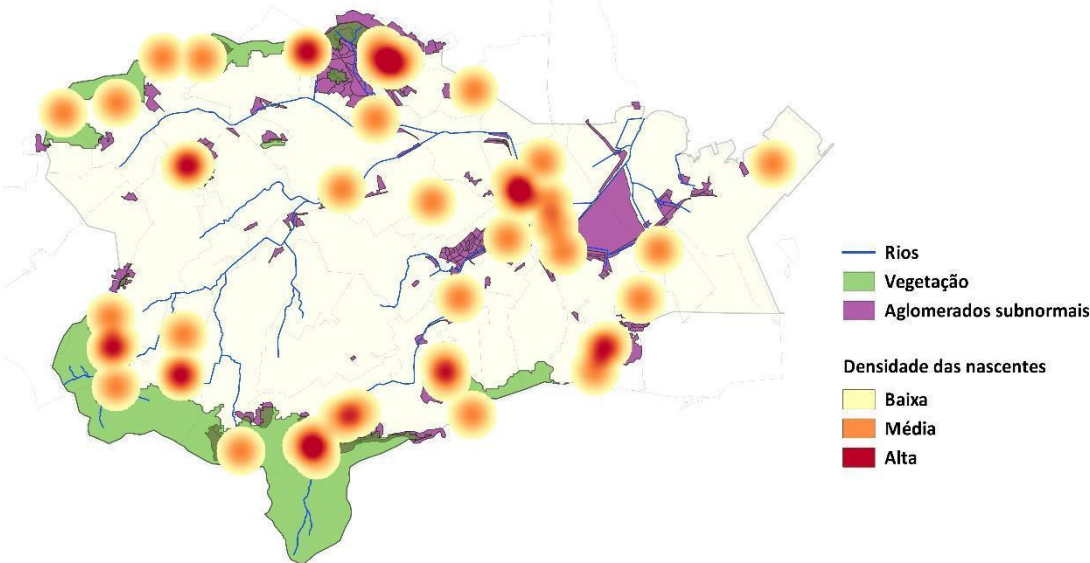
Analisando por macroáreas, a área leste relatou 99,22% dos domicílios sendo abastecidos pela rede da companhia, seguido pela área sul com 92,35%; área oeste com 91,42% e área norte com percentual de 88,86%. O abastecimento domiciliar proveniente de nascentes e/ou poços, foram relatados com maior frequência nos domicílios da área oeste (7,62%) e sul (2,98%). A macroárea leste apresentou percentual de 0,13%, seguido pela área norte com 0,10%. A utilização de nascentes ou poços como forma alternativa de abastecimento esteve presente em 49 dos 116 ASNs analisados (42,24%). Os aglomerados subnormais do Morro Inácio Dias (área oeste – Figura 2-A, número 5) foram aqueles que apresentaram o maior percentual de domicílios que utilizavam a captação de água das nascentes e/ou poços para abastecimento (56,16%), seguido das comunidades Santa Terezinha (área sul – Figura 2-A, número 9) (33,73%), Bairro Ouro Preto (área oeste – Figura 2-A, número 7) (33,50%), Marianos (área oeste – Figura 2-A, número 5) (28,16%) e Morro da Cotia (área sul – Figura 2-A, número 10) (15,46%). Assim, o maior uso de água de nascentes ou poços ficou concentrado nas macroáreas oeste e sul, principalmente, em cinco ASNs principalmente (Figura 3-A).

Figura 3: Representação da quantidade de nascentes e/ou poços informados pela população da SBCC como utilizados para abastecimento domiciliar nos ASNs. **A.** Quantidade de domicílios que utilizam água de nascentes e/ou poços nos ASN. Bairros sinalizados por números. **B.** Relação de Kernel para as nascentes por ASNs.

A.




B.



Fonte: Elaborado pelos autores

Contudo, na análise da localização e da quantidade de nascentes dentro da SBCC empregando análise estatística de densidade de Kernel (Xie & Yan, 2008), foi possível verificar que as macroáreas oeste e sul foram as que registraram os maiores números de domicílios abastecidos com águas providas de nascentes e/ou poços. Também foi possível comprovar a existência de altas densidades de nascentes de água em locais com pontos específicos nas macroáreas norte e leste. Na macroárea norte, essa densidade se mostrou mais expressiva nos




ASNs localizados no bairro do Complexo do Alemão (Figura 3-B, número 9). Ao analisar a densidade da macroárea leste, evidenciou-se que os ASNs localizados no bairro de Manguinhos (Figura 3-B, número 23) possuíam a maior concentração de domicílios que utilizam abastecimento por nascentes e/ou poços, com destaque para as comunidades Parque João Goulart, Parque Carlos Chagas, Vila Turismo e Parque Oswaldo Cruz. O bairro Mangueira (Figura 3-B, número 22) também apresentou significativa densidade, sendo a comunidade do Morro dos Telégrafos aquela com maior número de domicílios que utilizam essa fonte alternativa de abastecimento. Portanto, foi possível identificar oito regiões de ASNs dentro da sub-bacia, em que as populações estão mais expostas aos riscos à saúde pois, segundo Handam et al (2017), a alta densidade demográfica, associada a baixa renda mensal *per capita*, com baixa rede de esgoto e de coleta de lixo contribuem para o risco à saúde da população.

Áreas verdes da SBCC

O uso das nascentes como forma alternativa de abastecimento e a presença de áreas verdes remanescentes também foi analisada. A análise espacial da SBCC evidenciou que as áreas verdes representam somente 14,07% do território, ocupando 8,97 km². Ao analisar a localização dos aglomerados subnormais em relação a presença de áreas verdes, observou-se que 31,76% dos ASNs estavam consolidados em regiões que possuíam área de vegetação remanescente. Ao examinar os domicílios que utilizavam nascentes e/ou poços, através do mapa de Kernel, foi observado que 97,77% dos domicílios estavam concentrados em ASNs que possuíam a presença de vegetação remanescente em seu perímetro, com destaque para as macroáreas norte, oeste e sul (Figura 3-B). A supressão das áreas verdes da SBCC caracteriza um cenário incompatível tanto para a manutenção do equilíbrio ecológico da sub-bacia quanto para necessidades de saneamento e bem-estar dos moradores que estão em territórios socioambientalmente vulnerabilizados.

O amplo desmatamento na SBCC está relacionado com expansão territorial desordenada - sem a fiscalização dos órgãos públicos responsáveis - favorecendo a especulação imobiliária, o crescimento habitacional e comercial (Souza, 2009). Somado a isso, destaca-se o déficit de saneamento, principalmente nas áreas onde estão localizados os aglomerados subnormais. Todos esses fatores atuam sinergicamente causando graves problemas socioambientais que afetam diretamente a saúde da população local.


A manutenção da vegetação, em especial a mata ciliar, tem relação direta com a preservação das nascentes, das águas subterrâneas e dos corpos hídricos superficiais



(BOTELLHO e DAVIDE, 2000). No entanto, tais áreas sofrem com a constante supressão de sua vegetação nativa. Em relação às sub-bacias, Lima & Zákia (2000) ratificam a importância das áreas verdes, em especial a vegetação ciliar, para a manutenção da integridade e estabilidade das mesmas, principalmente aquelas que estão localizadas em centros urbanos com alta densidade demográfica. Segundo Felipe & Junior (2016) a legislação específica para a maior parte das zonas urbanas brasileiras não garantiu, em termos ambientais, a necessária proteção dos mananciais ao longo do tempo, em parte devido à falta de operacionalização do aparato legal e também devido aos diversos interesses especulativos e imobiliários do espaço urbano. Assim, esses fatores contribuíram para que diversas fontes de água fossem contaminadas ou drenadas, degradando ambientalmente todo o território.

CONCLUSÃO

Apesar dos dados do IBGE demonstrarem que há alta de cobertura com serviços de abastecimento de água nas favelas da sub-bacia hidrográfica do canal do Cunha, consideramos que essas informações apresentam limitações, visto que não refletem a qualidade dos serviços de saneamento, como intermitência do abastecimento da rede pública, da ligação da rede, à instalação predial e muito menos sobre a qualidade da água que chega as torneiras dos domicílios, portanto, não são condizentes com a realidade das favelas. As análises espaciais dos dados evidenciaram o efeito danoso que o déficit de acesso domiciliar aos serviços de saneamento básico – principalmente ao sistema de coleta e tratamento de esgotos – acarreta na população residente em favelas e periferias da bacia hidrográfica do canal do Cunha. Foram identificados em oito regiões de ASNs na SBCC, domicílios que fazem captação e uso direto de água de nascentes e poços, onde se situam, portanto, as populações que estão mais expostas a contrair doenças em decorrência do saneamento básico inadequado (DRSAI), a disponibilidade da água existente na maioria das vezes é insuficiente para proporcionar adequada higiene e proteção sanitária, por não haver o controle de qualidade e do padrão de potabilidade dessas águas, o que acarreta riscos e fragilidade para a saúde dos moradores dessas regiões. Em seis dessas áreas, que são de alta densidade demográfica e baixa condição socioeconômica, a situação de vulnerabilidade ainda é maior, pois aos baixos índices de acesso aos serviços de esgotamento sanitário, se soma a ocupação não planejada em áreas inadequadas. Portanto torna-se necessário que o planejamento e a execução de políticas de saúde e de intervenções a partir do saneamento básico sejam considerados de forma mútua e integrada de modo a constituir uma estratégia de Saúde Pública preventiva e social para a sub-bacia hidrográfica do canal do Cunha, dando ênfase aos territórios ocupados por favelas. Essa



proposta alinha-se à algumas metas propostas na ODS 6, da Agenda 2030 estabelecida pela ONU, cujo objetivo visa assegurar a disponibilidade e gestão sustentável da água e saneamento básico para todas e todos.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

AMARAL, L. C. P. Degradação ambiental e perspectivas de saúde: um olhar retrospectivo sob a sub-bacia hidrográfica do Canal do Cunha, 2006. **Dissertação de Mestrado**, Rio de Janeiro: Escola Nacional de Saúde Pública Sergio Arouca, Fiocruz.

ANA. Agência Nacional de Águas. **Dados abertos**. 2019 dadosabertos.ana.gov.br (acessado em: 06 de setembro de 2019).

ASHBOLT, N. J. Microbial contamination of drinking water and disease outcomes in developing regions. **Toxicology**. 198 (1-3): 229–238, 2004.

Botelho, S & Davide, A. 2002 Métodos silviculturais para recuperação de nascentes e recomposição de matas ciliares. researchgate.net/publication/242672925 (acessado em: 13 de maio 2019).

BRASIL. Plano Nacional de Saneamento Básico (Plansab): Mais Saúde com Qualidade de Vida e Cidadania / **Ministério das Cidades, Secretaria Nacional de Saneamento Ambiental**. Brasília: Ministério das Cidades, 2019.

BRITTO, A. L., GOUVEIA, A. G., GONÇALVES, T. G. B. & JOHNSON, R. M. F. A segregação socioespacial no município de São Gonçalo, RJ: uma análise a partir do acesso ao saneamento básico. **XVII ENANPUR: Sessão Temática 4: Meio Ambiente E Políticas Públicas**, 2017.

CALHEIROS, R. O., TABAI, F. C. V., BOSQUILIA, S. V. & Calamari, M. Preservação e Recuperação das Nascentes: de água e de vida. **Cadernos da Mata Ciliar/ Secretaria de Estado do Meio Ambiente**, Departamento de Proteção da Biodiversidade. 1, 2009.

DAVIDE, A. C., FERREIRA, R. A., FARIA, J. M. R., BOTELHO, S. A. Restauração de matas ciliares. **Informe agropecuário**, Belo Horizonte: 21(207): 65-74, 2000.

DIAS, L. S. M. & CUNHA, S. B. Mudanças nos Canais Fluviais da Sub-Bacia do Canal do Cunha (RJ): intervenções antrópicas. **Revista Equador**. 6(2): 23–43, 2017.

FELIPPE, M. F., MAGALHÃES JUNIOR, A. P. Impactos ambientais macroscópicos e qualidade das águas em nascentes de parques municipais em Belo Horizonte – MG. **Geografias**. 8(2): 08-23, 2012.

GENRICH, A. V. S. Análise de impactos ambientais na cabeceira de drenagem da bacia do córrego Vilarinho - Regional Venda Nova, 2002. **Dissertação de Mestrado**, Minas Gerais: Universidade Federal de Minas Gerais – UFMG.

HANDAM, N. B., SALLES, M. J. & SOTERO-MARTINS, A. Direito a Qualidade Sanitária da Água: cuidados com a Água Residencial. **Cadernos Ibero-americanos de Direito Sanitário**. 6(5): 749-756, 2017.



IBGE. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística 2010. <http://www.ibge.gov.br/home/>>. (acessado em: 15 junho de 2019).

LIMA, W. P. & ZÁKIA M. J. B. Hidrologia de matas ciliares. In: Matas ciliares: conservação e recuperação. São Paulo: **EDUSP/FAPESP**, 2000.

MARQUES, E. C. Equipamentos de saneamento e desigualdades no espaço metropolitano do Rio de Janeiro. **Cadernos de Saúde Pública**. 12(2): 181-193, 1996.

MONKEN, M., & BARCELLOS, C. Vigilância em saúde e território utilizado: possibilidades teóricas e metodológicas. **Cadernos de Saúde Pública**. 21(3): 898-906, 2005.

MUDEGE N. N. & Zulu, E. M. Discourses of illegality and exclusion: When water access matters. **Global Public Health**. 6(3): 221-233, 2011.

NERI, M. C. (Coord.) Desigualdades e Favelas Cariocas: a Cidade Partida está se Integrando? Rio de Janeiro: **FGV, CPS**, 2010.

PRIETO, G. F. T. A sede do capital: O abastecimento de água em favelas da periferia da cidade do Rio de Janeiro, 2011. **Dissertação de Mestrado**, São Paulo: Universidade de São Paulo – USP.

RODRIGUES, R. I. (Org). Vida social e política nas favelas: pesquisas de campo no Complexo do Alemão. Rio de Janeiro: **Ipea**, 2016.

SALLES, M. J. Indicadores das Condições de Saneamento do Ambiente, 1994. **Dissertação de Mestrado**. Rio de Janeiro: Escola Nacional de Saúde Pública, Fiocruz.

SÁNCHEZ, L. E. Avaliação de impacto ambiental: conceitos e métodos. São Paulo: **Editora Oficina de Textos**, 2013.

SOUZA, M. V. 2009 Políticas públicas e espaço urbano desigual: favela Jardim Maravilha (SP). **Estud. av.**, São Paulo, v. 23, n. 66, p. 267-281. <http://dx.doi.org/10.1590/S0103-40142009000200019>

TEIXEIRA, J. C. & GUILHERMINO, R. L. Análise da associação entre saneamento e saúde nos estados brasileiros, empregando dados secundários do banco de dados Indicadores e Dados Básicos para a Saúde – IDB 2003. **Revista de Engenharia Sanitária e Ambiental**. 11(3): 277-282, 2006.

TONETO JR, R., SAIANI, C. C. S. Evolução do acesso a serviços de saneamento básico no Brasil (1970 a 2004). **Economia e Sociedade**. 19(1): 79-106, 2010.

XIE, Z. & YAN J. Kernel Density Estimation of traffic accidents in a network space. **Computers, Environment and Urban Systems**. 32(5): 396–406, 2008.

www.editorapublicar.com.br
contato@editorapublicar.com.br
@epublicar
facebook.com.br/epublicar

VARIANTES DO
**MEIO
AMBIENTE:**

Atuação, interdisciplinaridade e Sustentabilidade

2

ROGER GOULART MELLO
PATRÍCIA GONÇALVES DE FREITAS
ORGANIZADORES



2021

www.editorapublicar.com.br
contato@editorapublicar.com.br
@epublicar
facebook.com.br/epublicar

VARIANTES DO
**MEIO
AMBIENTE:**

Atuação, interdisciplinaridade e Sustentabilidade

2

ROGER GOULART MELLO
PATRÍCIA GONÇALVES DE FREITAS
ORGANIZADORES



2021