

Milton Gonçalves da Silva Júnior
Fernando Ernesto Ucker
(Organizadores)

GESTÃO,
MONITORAMENTO E
RECUPERAÇÃO DOS RECURSOS NATURAIS:

**DO DESENVOLVIMENTO
A SUSTENTABILIDADE**



2020

Milton Gonçalves da Silva Júnior
Fernando Ernesto Ucker
(Organizadores)

GESTÃO,
MONITORAMENTO E
RECUPERAÇÃO DOS RECURSOS NATURAIS:

**DO DESENVOLVIMENTO
A SUSTENTABILIDADE**



2020

2020 by Editora e-Publicar

Copyright © Editora e-Publicar

Copyright do Texto © 2020 Os autores

Copyright da Edição © 2020 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

Todo o conteúdo dos artigos, 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

Dr^a Cristiana Barcelos da Silva – Universidade Estadual do Norte Fluminense Darcy Ribeiro

Dr^a Elis Regina Barbosa Angelo – Pontifícia Universidade Católica de São Paulo

Dr. Rafael Leal da Silva – Universidade Federal do Rio Grande do Norte

Dr. Fábio Pereira Cerdera – Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro

Dr^a Danyelle Andrade Mota – Universidade Tiradentes

Me. Doutorando Mateus Dias Antunes – Universidade de São Paulo

Me. Doutorando Diogo Luiz Lima Augusto – Pontifícia Universidade Católica do Rio de Janeiro

Me. Doutorando Francisco Oricelio da Silva Brindeiro – Universidade Estadual do Ceará

M^a Doutoranda Bianca Gabriely Ferreira Silva – Universidade Federal de Pernambuco

M^a Doutoranda Andréa Cristina Marques de Araújo – Universidade Fernando Pessoa

Me. Doutorando Milson dos Santos Barbosa – Universidade Tiradentes

M^a Doutoranda Jucilene Oliveira de Sousa – Universidade Estadual de Campinas

M^a Doutoranda Luana Lima Guimarães – Universidade Federal do Ceará

M^a Cristiane Elisa Ribas Batista – Universidade Federal de Santa Catarina



2020

M^a Andrelize Schabo Ferreira de Assis – Universidade Federal de Rondônia
Me. Daniel Ordane da Costa Vale – Pontifícia Universidade Católica de Minas Gerais
Me. Glaucio Martins da Silva Bandeira – *Universidade Federal Fluminense*
Me. Jose Henrique de Lacerda Furtado – Instituto Federal do Rio de Janeiro
M^a Luma Mirely de Souza Brandão – Universidade Tiradentes
Dr^a. Rita Rodrigues de Souza - Universidade Estadual Paulista
Dr. Helio Fernando Lobo Nogueira da Gama - Universidade Estadual De Santa Cruz
Dr. Willian Douglas Guilherme - Universidade Federal do Tocantins
Dr^a. Naiola Paiva de Miranda - Universidade Federal do Ceará
Dr^a. Dayanne Tomaz Casimiro da Silva - UFPE - Universidade Federal de Pernambuco

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

G393 Gestão, monitoramento e recuperação dos recursos naturais [recurso eletrônico] : do desenvolvimento a sustentabilidade / Milton Gonçalves da Silva Júnior, Fernando Ernesto Ucker. – Rio de Janeiro, RJ: e-Publicar, 2020.

Inclui bibliografia
ISBN 978-65-87207-59-9

1. Recursos naturais. 2. Meio ambiente. 3. Desenvolvimento sustentável. I. Silva Júnior, Milton Gonçalves da, 1978-. II. Ucker, Fernando Ernesto, 1986-.

CDD 577.34

Elaborado por Maurício Amormino Júnior – CRB6/2422

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



2020

Apresentação

Esta publicação é uma obra organizada por professores doutores que possuem um caminho profissional focado na pluralidade da preocupação com o meio ambiente, assim como estão voltados à construção do saber das ciências ambientais para estudantes de graduação e pós-graduação.

O livro foi idealizado a partir da função docente dos organizadores e escritores na contribuição da pesquisa científica como incentivadora para o conhecimento e enriquecimento profissional de estudantes das áreas da engenharia e ciências biológicas.

Como fundamento, o meio ambiente, a obra possui a essência de trabalhos que primam por difundir as diversas faces das problemáticas e preocupações ambientais, desde estudos nas áreas rurais, como conservação do solo, produção agrícola e pesqueira, e estudos em áreas urbanas, arborização, poluição atmosférica, poluição do solo, tratamento de resíduos sólidos e líquidos e educação ambiental.

Os textos aqui apresentados foram criados a partir de trabalhos realizados com alunos e professores de graduação e pós-graduação, oriundos de pesquisas de Iniciação Científica e Trabalhos de Conclusão de Curso.

Entendemos que a pesquisa científica é abordada de forma a contribuir na resolução de problemas que ultrapassam o sentido e o entendimento que temos do mundo. Isso porque a ciência, cada vez mais, vem absorvendo as premissas tecnológicas, que não param de evoluir, e se une a multidisciplinaridade das diversas temáticas que podem ser trabalhadas no universo científico e ambiental.

Destarte, o Livro “Gestão, Monitoramento e Recuperação dos Recursos Naturais: do Desenvolvimento a Sustentabilidade” é uma forma de trabalhar não somente essa multidisciplinaridade da ciência, mas a transdisciplinaridade da pesquisa nas áreas ambientais, considerando que as informações aqui colocadas contribuirão com o acesso à informação para toda a comunidade dentro e fora da academia.

Por fim, esperamos que essa publicação possa alcançar os mais diversos e longínquos horizontes, se perfazendo como alicerce não somente para jovens estudantes, como para os profissionais engajados na conservação e preservação do nosso meio ambiente: físico, químico e biológico, em áreas rurais e urbanas do nosso país.

Boa Leitura!

Dra. Ressiliane Ribeiro Prata Alonso

Sumário

**CAPÍTULO 1 - AGRICULTURA E CONSERVAÇÃO DE AMBIENTES FRÁGEIS NA PRÉ
AMAZONIA BRASILEIRA 09**

Felipe Corrêa Veloso dos Santos
Vladio Correchel
Hellem Victoria Ribeiro dos Santos
Fernando Ernesto Ucker

**CAPÍTULO 2 - AVALIAÇÃO DE ESPÉCIES ARBÓREAS PRESENTES NA
ARBORIZAÇÃO URBANA DO MUNICÍPIO DE GOIÂNIA (GO).....22**

Iolanda Inácia Oliveira
Ressiliane Ribeiro Prata Alonso
Milton Gonçalves da Silva Júnior

**CAPÍTULO 3 - ELABORAÇÃO DA METODOLOGIA DE APLICAÇÃO DO TESTE
TETRAZÓLIO PARA SEMENTES DE BARU (*Dipteryx alata Vog.*)..... 36**

Saete Cristina de Lima
Mateus de Leles Lima
Emerson Trogello

**CAPÍTULO 4 - INTEGRAÇÃO LAVOURA-PECUÁRIA NO CERRADO:
CARACTERIZAÇÃO FÍSICO-HÍDRICA DE UM LATOSSOLO VERMELHO.....45**

Mateus de Leles Lima
João Carlos Medeiros
Danilo Gomes de Oliveira
Luis Fernando Stone
Pedro Luiz Oliveira de Almeida Machado
Beáta Emöke Madari

CAPÍTULO 5 - O CAMINHO DA EDUCAÇÃO AMBIENTAL 61

Andréia Gonçalves nascimento
Ivna Olimpio Lauria
Rita de Cássia Del Bianco

CAPÍTULO 6 - ANÁLISE DA EFICIÊNCIA DA FOSSA VERDE NO PROCESSO DE TRATAMENTO DE ESGOTO 76

Thulio Nery da Silva Araújo
Milton Gonçalves da Silva Júnior
Fernando Ernesto Ucker
Alline Caitano Luz
Mayara Mayara Wesley da Silva
Cristina de Fátima Mattos Antunes

CAPÍTULO 7 - REAPROVEITAMENTO E RECICLAGEM DOS RESÍDUOS SÓLIDOS DA CONSTRUÇÃO CIVIL89

Airton Braga Teixeira Júnior
Danielle Aparecida do Prado
Milton Gonçalves da Silva Junior
Joaquim Orlando Parada
Aurélio Caetano Feliciano
Cristina de Fátima Mattos Antunes

CAPÍTULO 8 - ESTUDO DA CONTAMINAÇÃO DO SOLO POR NECROCHORUME NO CEMITÉRIO DO MUNICÍPIO DE ITAPURANGA – GO 119

Fernando Ernesto Ucker
Cleveland Lemos Freire
Breno Eduardo Silva Mende

CAPÍTULO 9 - MONITORAMENTO DE POLUENTES ATMOSFÉRICOS EM INDÚSTRIA AUTOMOTIVA NO DAIA ANÁPOLIS – GO 131

Lyne Sussuarana Pereira
Paulo Henrique Francisco Vargas
Milton Gonçalves da Silva Júnior
Fernando Ernesto Ucker
Alline Caitano Luz

CAPÍTULO 10 - POLUIÇÃO DO AR: ESTUDO EM PONTOS ESPECÍFICOS DE GOÂNIA NOS ANOS DE 2013 E 2014... 153

Jocieleia Nunes de Oliveira
Hélcio Marques Junior
Jalsi Tacon Arruda

CAPÍTULO 11 - ESTUDO SOBRE A INFLUÊNCIA DAS CONDIÇÕES METEOROLÓGICAS E DA OCORRÊNCIA DE QUEIMADAS NAS CONCENTRAÇÕES DE PARTÍCULAS EM SUSPENSÃO EM GOIÂNIA-GO..... 163

Dayane Vieira da Conceição
Thais Borini de Castro

CAPÍTULO 12 - PRODUÇÃO PESQUEIRA DE ESPÉCIES DA FAMÍLIA ARIIDAE (PISCES: SILURIFORMES) NA PENÍNSULA BRAGANTINA, LITORAL AMAZÔNICO183

Nayara Cristina Mendes
Pedro Andrés Chira Oliva
Israel Hidenburgo Aniceto Cintra
Bianca Bentes

SOBRE OS ORGANIZADORES202

CAPÍTULO 1

AGRICULTURA E CONSERVAÇÃO DE AMBIENTES FRÁGEIS NA PRÉ AMAZONIA BRASILEIRA

Felipe Corrêa Veloso dos Santos¹
Vlãdia Correchel²
Hellem Victoria Ribeiro dos Santos³
Fernando Ernesto Ucker⁴

RESUMO

O desenvolvimento agrícola envolve, de modo inevitável, certo grau de transformação dos ecossistemas. Portanto, é essencial conhecer estratégias que enfatizem procedimentos que levem a um desenvolvimento ecologicamente sustentável, ou seja, novos formatos tecnológicos compatíveis com a manutenção e recuperação do meio ambiente e a produção de alimentos confiáveis. A região do trópico úmido apresenta uma das características essenciais ao desenvolvimento vegetal, que é a ausência de restrições climáticas que possam limitar a atividade biológica. Tal fato diferencia este bioma dos demais biomas do mundo, notadamente dos trópicos semiáridos, áridos, zonas temperadas e boreais. As discussões sobre desenvolvimento sustentável tiveram início em Estocolmo em 1972 e ganharam popularidade a partir da conferência das Nações Unidas sobre o Meio Ambiente e Desenvolvimento realizada no Rio de Janeiro Brasil em 1992. Existem diversos entendimentos sobre o conceito de sustentabilidade. Em todo o mundo, diversas políticas baseadas nesses conceitos têm sido planejadas, gerenciadas e avaliadas no intuito de tornar a sustentabilidade uma realidade. Cerca de 80% dos solos dos trópicos úmidos pertencem à classe dos Latossolos e são considerados de baixa fertilidade natural. Estes solos caracterizam-se pelo alto grau de intemperismo, resultando na dominância de caulinita, hematita, goetita e, em última consequência, de gibsitita e de sílica. O cultivo intensivo do solo e seu preparo em condições inadequadas alteram suas características físicas em graus variáveis.

Palavras-chave: desenvolvimento agrícola, solos, cultivo.


O desenvolvimento agrícola envolve, de modo inevitável, certo grau de transformação dos ecossistemas. Portanto, é essencial conhecer estratégias que enfatizem procedimentos que levem a um desenvolvimento ecologicamente sustentável, ou seja, novos formatos tecnológicos compatíveis com a manutenção e recuperação do meio ambiente e a produção de alimentos confiáveis (Altieri & Nicholls, 2000).

¹ Professor da Pontifícia Universidade Católica de Goiás e da Universidade Federal de Goiás.

² Professora da Universidade Federal de Goiás.

³ Engenheira Civil. Mestranda em andamento em Engenharia Ambiental e Sanitária pela Universidade Federal de Goiás.

⁴ Coordenador do curso de Engenharia Ambiental do Centro Universitário Araguaia – UniAraguaia.



O grande paradoxo e, ao mesmo tempo, o grande desafio para a agroecologia dos trópicos úmidos é a disparidade entre esta luxúria biológica das matas equatoriais, de um lado e, do outro, a baixa sustentabilidade da agricultura familiar neste mesmo bioma. Em grande parte do trópico úmido, coincide uma pobreza rural com os problemas severos de degradação ambiental. Em outras palavras, as tecnologias geradas até o momento não são capazes de transformar a alta produtividade biológica inerente a este bioma em produtividade agrícola satisfatória (Gehring, 2006).


A substituição da floresta equatorial nativa por sistemas agrícolas com base na derrubada e queima caracteriza-se pela baixa eficiência de utilização dos recursos naturais e suas consequências degradantes, que colocam em questão a sustentabilidade ecológica e socioeconômica destas formas de uso da terra. É esta disparidade entre a riqueza biológica e a miséria socioeconômica que constitui a grande necessidade e o grande desafio da agroecologia tropical (Gehring, 2006).

A avaliação da sustentabilidade destes agroecossistemas pode ser estimada de diversas formas e uma das maneiras, que abrange as interações entre os seguimentos existentes, é através do solo. A sustentabilidade do uso do solo pode ser avaliada por indicadores físicos, químicos e biológicos. Dentre estes, os indicadores físicos do solo que têm recebido uma atenção especial, já que apresentam estreitas relações com os atributos químicos e biológicos do solo. Entre os indicadores físicos de qualidade do solo, a condutividade hidráulica é um atributo que sofre influência de diversos fatores relacionados à estrutura do solo (Libardi, 2005) e ao teor e qualidade de água, o que a torna um objeto de estudo de grande relevância.

Devido à relevância socioeconômica, cultural e ambiental que o uso do solo em sistemas de agricultura itinerante e sistemas alternativos de produção representam, estudos relacionados à dinâmica da água no solo se tornam necessários e podem ser aplicados em diversas áreas do conhecimento (Libardi, 2005). Embora estudos que utilizam a condutividade hidráulica possibilitem esta interdisciplinaridade, estes não são muito utilizados devido à dificuldade operacional, mesmo quando os ensaios são realizados em laboratório, já que o número de amostras é elevado e, muitas vezes, a sua determinação também é demorada.

Características dos Recursos Naturais do Trópico Úmido Equatorial

A região do trópico úmido apresenta uma das características essenciais ao desenvolvimento vegetal, que é a ausência de restrições climáticas que possam limitar a atividade biológica (Gehring, 2006). Tal fato diferencia este bioma dos demais biomas do mundo, notadamente dos trópicos semiáridos, áridos, zonas temperadas e boreais.



São as condições climáticas, altamente favoráveis, que possibilitam a grande produtividade e biodiversidade das florestas nativas observadas neste bioma. Destacam-se, entre essas condições climáticas, elevada umidade relativa do ar, temperatura e incidência de radiação solar.

No que se refere à umidade relativa do ar, a zona de baixa latitude geográfica, que forma o trópico úmido equatorial, caracteriza-se por alta taxa de precipitação (em média, acima de $2.000 \text{ mm.ano}^{-1}$) bem distribuída ao longo de nove meses do ano, com três meses secos amenos. Estas condições proporcionam cenário de excelente acúmulo de biomassa e diversidade biológica.


As temperaturas mínimas variam entre 18°C e 27°C , faixa que pode ser considerada ideal para o desenvolvimento da maioria das plantas, animais e microrganismos. Isto contrasta com zonas montanhosas, mesmo nesse local, onde a temperatura é amena, tais como as zonas temperadas e boreais, constituindo-se em fator limitante ao desenvolvimento da vida biológica local.

Embora os fatores climáticos sejam favoráveis ao desenvolvimento biológico, tem-se a baixa fertilidade dos solos como limitação deste bioma. Cerca de 80% dos solos pertencem à classe dos Latossolos, que, em seus atributos físicos, caracterizam-se pela textura fina, profundidade, boa drenagem e alta capacidade de retenção de água. Do lado químico, destacam-se a baixa capacidade de troca catiônica (CTC), baixo pH, problemas com toxidez por alumínio (Al) e fixação de fósforo (P) nos sesqui-óxidos (Oliveira, 2005; IBGE, 2007).

A produção de serrapilheira é intensa nos ecossistemas nativos desta região, o que, somado a outros fatores, sustenta a produção biológica (Moura, 2004). No entanto, é rapidamente queimada pelos organismos decompositores, formando, assim, um ciclo rápido e fechado de transferência de nutrientes entre a biomassa e o sistema solo.

Além dos aspectos peculiares de clima e solo, aproximadamente 17% da população que ocupa essa área sobrevive abaixo da linha de pobreza extrema (Celentano & Veríssimo, 2007), praticando uma agricultura itinerante, aliada à utilização do fogo, cujos objetivos são a limpeza da área de cultivo e a fertilização do solo pelas cinzas.

Por muito tempo, esta prática de manejo foi sustentada pela abundância de área disponível e pela baixa densidade demográfica. Entretanto, com o advento do programa de reforma agrária, grande parte dos agricultores familiares ficou limitada a produzir sempre em uma mesma área todos os anos.



Alternativas de manejo geradas para esses agrossistemas devem levar em consideração as especialidades de clima e solo. O Sistema Agroflorestal (SAF) é uma alternativa sustentável para esta região por apresentar alta diversidade de espécies. Porém, pouco se sabe sobre a dinâmica da água no solo neste sistema, em especial em Neossolos.

Sustentabilidade dos Agroecossistemas Frágeis


As discussões sobre desenvolvimento sustentável tiveram início em Estocolmo em 1972 e ganharam popularidade a partir da conferência das Nações Unidas sobre o Meio Ambiente e Desenvolvimento realizada no Rio de Janeiro Brasil em 1992. Existem diversos entendimentos sobre o conceito de sustentabilidade. Em todo o mundo, diversas políticas baseadas nesses conceitos têm sido planejadas, gerenciadas e avaliadas no intuito de tornar a sustentabilidade uma realidade (Silva & Holanda, 2009).

O conceito de sustentabilidade mais difundido no mundo encontra-se no chamado “Relatório Brundtland”, em que desenvolvimento sustentável é aquele que satisfaz suas necessidades sem diminuir as perspectivas das gerações futuras. Neste contexto, destaca-se também o conceito de sociedade sustentável, tida como aquela que discute, a partir da sua realidade local, formas de relacionar as dimensões sociais, ambientais, econômicas, políticas, culturais e éticas, construindo, no dia a dia, ações que contribuam para a melhoria da qualidade de vida daquele local e do planeta como um todo (MMA; MEC, 2005).

Gliessman (2001) salienta a necessidade de utilizar ferramentas que permitam a análise do agroecossistema, evidenciando seu desempenho, sua eficiência como sistema produtivo e os problemas que estão sendo enfrentados com este sistema. Possibilitando, assim, a construção de informações para a tomada de decisões e monitoramento de ações desenvolvidas em unidades de produção, a partir da seleção de um conjunto de indicadores de sustentabilidade.

Segundo Doran & Parkin (1994), a qualidade do solo pode ser conceituada como a capacidade deste recurso de exercer várias funções dentro do limite de uso da terra e do ecossistema para sustentar a produtividade biológica, manter ou melhorar a qualidade ambiental e contribuir para a saúde das plantas, dos animais e dos seres humanos. Um dos desafios atuais da pesquisa é como avaliar a qualidade de um solo de maneira simples e confiável. Segundo estes mesmos autores, a qualidade de um solo pode ser medida por meio da quantificação de alguns atributos, ou seja, de propriedades físicas, químicas e biológicas, que possibilitem o monitoramento de mudanças, a médio e longo prazo, no estado de qualidade desse solo.

No que se refere aos agroecossistemas Pré-Amazônicos e Amazônicos brasileiros, a agropecuária tem sido uma atividade econômica controversa devido à complexidade que



envolve a região e aos diferentes interesses de segmentos da sociedade que se colocam em posições antagônicas. Estes interesses têm como extremos aqueles que, nas décadas de 70 e 80, pensavam que a região deveria ser desbravada e domesticada pela “pata do boi” e hoje a veem como um manancial de recursos naturais sempre disponíveis aos anseios de enriquecimento fácil. Do lado oposto, os que entendem que a região deve permanecer intocada, como um santuário, preservado em sua grandeza continental. Entre estas posições extremas, há um meio termo que aponta para a exploração sustentável dos recursos naturais renováveis (Jardim *et al.*, 2004).

Nestas regiões, as elevadas temperaturas e índices pluviométricos, quando combinados com solos derivados de rocha matriz de origem sedimentar, produzem situações adversas para a sustentabilidade dos agroecossistemas. A primeira adversidade é a perda da disponibilidade dos nutrientes, com conseqüente redução da capacidade produtiva (Moura *et al.*, 2009).


Para contornar este obstáculo, os agricultores utilizam a agricultura itinerante, fundamentada no corte e na queima de biomassa para fertilizar o solo pelas cinzas. Esse sistema de produção, em geral, não ultrapassa três ciclos produtivos em uma mesma área, devido à erosão da fertilidade do solo, levando os produtores a abandonar a área (pousio) para que ocorra o estabelecimento de capoeiras, caracterizadas pela menor diversidade biológica em relação às florestas (Freitas, 2008).

Uma alternativa considerada sustentável para os produtores desta região é os Sistemas Agroflorestais (SAF's), por combinarem espécies florestais e agrícolas na mesma área em associação deliberada (Altieri, 2002). No entanto, faz-se necessário o estudo comparativo dessas formas de uso do solo com ecossistemas preservados, a fim de identificar os principais indicadores de sustentabilidade desses sistemas de produção.

Indicadores de Qualidade Física do Solo em Ambientes Frageis

Cerca de 80% dos solos dos trópicos úmidos pertencem à classe dos Latossolos e são considerados de baixa fertilidade natural. Estes solos caracterizam-se pelo alto grau de intemperismo, resultando na dominância de caolinita, hematita, goetita e, em última conseqüência, de gibsita e de sílica. As propriedades físicas da maioria destes solos são, em geral, bem favoráveis em condições naturais, com uma boa, ou razoável, drenagem e aeração, mas sujeitas à severa degradação em decorrência do preparo intensivo do solo, da compactação por máquinas pesadas ou da retirada da camada orgânica superficial do solo (Gehring, 2006).

O cultivo intensivo do solo e seu preparo em condições inadequadas alteram suas características físicas em graus variáveis (Souza *et al.*, 2004). Tal prática, associada às




precipitações pluviométricas intensas que ocorrem na região na época de preparo de solo e no crescimento inicial das plantas, constituem fatores responsáveis pela degradação da estrutura e formação de camadas compactadas. As principais alterações evidenciam-se por modificações nos valores de densidade do solo, porosidade total, continuidade e distribuição de poros e porosidade de aeração, armazenamento de água, agregação e teor de matéria orgânica (Klein *et al.*, 1998). No entanto, até o momento, não há consenso na literatura disponível quanto à sensibilidade dos indicadores físicos do solo à mudança causada pelo manejo adotado nos agroecossistemas.

Diante da necessidade de soluções alternativas que possibilitem o contínuo incremento na produtividade e a sustentabilidade dos agroecossistemas, o uso racional do solo e da água tem sido a tônica das discussões em torno do tema “Manejo correto do solo para uma agricultura sustentável”. Dos componentes do manejo, o preparo do solo talvez seja a atividade que mais influência seu comportamento físico-hídrico, pois atua diretamente em sua estrutura, causando modificações na porosidade e na densidade do solo (Secco *et al.*, 2005; Lima *et al.*, 2007; Silva *et al.*, 2008).

O conhecimento destes atributos e suas relações possibilitam estimar se o solo está sendo deteriorado ou não (Dexter, 2004a). Desta forma, o conhecimento da qualidade do solo é de primordial importância na tomada de decisão quanto à adoção de sistemas de uso e manejo do solo. Esta pode ser definida como a capacidade específica deste de funcionar como ecossistema natural, ou manejado, para sustentar a produtividade animal e vegetal, manter a qualidade da água, do ar e suportar o crescimento humano (Doran & Parkin, 1994). Ainda, a qualidade do solo está relacionada com a sua capacidade em desempenhar funções que interferem na produtividade de plantas e animais e no meio ambiente, podendo mudar ao passar do tempo em decorrência de eventos naturais ou antrópicos.

A avaliação da qualidade do solo pode ser feita pela mensuração e comparação dos atributos físico-hídricos deste solo em seu estado atual com as mesmas medidas sob condição natural, sem que este tenha sido submetido à interferência antrópica, pois nessa condição valores medidos são considerados ideais (Doran & Parkin, 1994). Neste caso, as dificuldades residem em selecionar quais propriedades serão avaliadas e definir os valores considerados adequados ou ideais, os quais podem ser variáveis de acordo com a classe de solo investigada. Além disso, alguns anos são necessários para verificar a modificação das propriedades do solo devida às alterações causadas pelo sistema de manejo adotado. Desta forma, prioritariamente, a



qualidade do solo deve ser avaliada por um longo período em áreas agrícolas com histórico de uso e manejo (Embrapa, 2007).


Para avaliar o estado qualitativo do solo de modo quantitativo, é essencial a compreensão de que os solos constituem sistemas complexos formados pela interação da litosfera, biosfera e atmosfera terrestre. Como componente básico das paisagens, os solos apresentam funções estruturais enquanto suporte físico dos ecossistemas, além de constituírem diversas funcionalidades ecológicas, como a produção biológica e a regulação do ciclo hidrológico de superfície. Além disso, compõem um meio fixador de carbono e depurador de efluentes, minimizando possíveis impactos ambientais. A compreensão das interações que ocorrem no solo decorrentes das alterações do ambiente permite fazer inferências sobre o estado em que o mesmo se encontra. O uso de indicadores possibilita uma melhor interpretação das interações ocorridas entre o ambiente e o solo decorrentes do seu uso e manejo. O monitoramento dos indicadores físicos do solo auxilia na tomada de decisão quanto ao uso e manejo deste sistema produtivo.

Apesar da relevância do uso e do monitoramento de indicadores físicos do solo para a sustentabilidade agrícola, até o momento não existem valores tidos como ideais, uma vez que esses indicadores são variáveis de acordo com o tipo de solo. A dependência desta definição está na grande variedade de solos e do sistema de uso e manejo adotados. Assim, torna-se necessário a determinação de valores de referência que possam servir de base para a interpretação e utilização das medidas das variáveis físicas do solo. O critério de referência pode ser um local com tipo de solo e condições climáticas similares à área de avaliação (Dexter, 2004a).

Os indicadores de qualidade devem ser escolhidos de modo que possam ser utilizados em áreas distintas, independentemente da diversidade de situações que prevaleçam; contudo, devem também ser de fácil quantificação e seus efeitos, de fácil interpretação, para viabilizar sua aplicação por agricultores e técnicos no campo (Embrapa, 2007; Carneiro *et al.*, 2009).

O interesse em avaliar a qualidade do solo deve-se à consciência crítica em considerá-lo como um importante componente da biosfera. O conceito de qualidade de solo é bastante amplo e a dificuldade na sua definição provém da dependência de características intrínsecas, de seu uso e manejo, de interações do agroecossistema e de fatores socioeconômicos e políticos (Embrapa, 2007).

O conhecimento da qualidade física do solo é de extrema importância para avaliação do nível de degradação imposta pelo uso agrícola e para estabelecer estratégias de utilização e



manejo sustentável. Neste sentido, a elaboração de métodos e técnicas que permitam a avaliação da sustentabilidade de diferentes agroecossistemas, a partir de determinadas propriedades intrínsecas do solo, é um dos maiores desafios enfrentados para o desenvolvimento de uma agricultura sustentável. Alguns dos mais frequentes atributos utilizados como indicadores de qualidade física do solo são: a densidade e porosidade do solo, estabilidade de agregados em água, resistência mecânica à penetração de raízes, a curva de retenção da água no solo, índice S, condutividade hidráulica, taxa de infiltração, compactação e a textura do solo (Stolf, 1991; Dexter, 2004a, 2004b, 2004c; Secco *et al.*, 2005; Lima *et al.*, 2007; Silva *et al.*, 2008; Carneiro *et al.*, 2009).


Portanto, são necessários mais estudos visando à elucidação do comportamento dos atributos físico-hídricos do solo em resposta às diferentes formas de uso, rumo a uma agricultura sustentável. O conhecimento dessas variações no solo constitui um importante passo para que possa indicar um manejo mais adequado e contornar possíveis limitações advindas de sua utilização.

Infiltração e Fluxo de Água no Solo

A taxa de infiltração de água no solo pode ser definida como a passagem de água da superfície para o interior do solo em um tempo conhecido (Tucci, 2001). É um processo dependente da água disponível, da natureza do solo, do estado de sua superfície e das quantidades de água e ar, inicialmente presentes em seu interior (Prevedello, 1996).

A infiltração da água no solo é um processo direcionado pela combinação da ação gravitacional e das forças capilares. Após o preenchimento dos poros capilares, gravitacionalmente, a água se direciona para maiores profundidades com uma velocidade que decresce gradativamente com o tempo até manter-se em uma taxa constante. No início do processo de infiltração de água no solo, em especial quando o solo está inicialmente seco, esta é alta, mas tende a decrescer com o tempo, aproximando-se assintoticamente de um valor constante (taxa de infiltração estável). Este comportamento pode ser compreendido a partir da aplicação da equação de Darcy às condições de escoamento em meio insaturado (Prevedello, 1996). Desta forma, tem-se um valor de gradiente hidráulico elevado e, portanto, uma taxa de infiltração alta. Com o tempo este valor vai aumentando até que o gradiente hidráulico tende a um e, conseqüentemente, a taxa de infiltração a um valor igual à condutividade hidráulica do solo saturado (Brandão *et al.*, 2006).

A condutividade hidráulica é um coeficiente que expressa a facilidade com que um fluido é transportado através de um meio poroso e que depende, portanto, tanto das propriedades




do meio quanto das propriedades do fluido (Libardi, 2005). As propriedades físicas do fluido que refletem diretamente na condutividade são a viscosidade dinâmica, a densidade ou então a sua combinação (viscosidade cinemática), temperatura e o tipo de fluxo. Para o meio poroso, os fatores relacionados com a estrutura do solo têm maior representatividade na condutividade. Assim, pode-se correlacionar aos tipos de poros (macro, meso, micro e criptoporos), forma dos agregados, número de poros, tortuosidade, conectividade, a superfície específica, enfim, todas as propriedades que têm reflexo na geometria porosa do solo (Prevedello, 1996; Libardi, 2005).

Diversos são os modelos que estimam a condutividade hidráulica do solo, sendo que alguns modelos podem ser utilizados tanto para o meio saturado quanto para o não saturado. Prevedello (1996) cita como principais modelos existentes: os propostos por Darcy em 1856, Childs & Collis-George em 1950, Burdine em 1953, Wyllie & Gardner em 1958, Marshal em 1958, Millington & Quirik em 1961, Brooks & Corey em 1964, Farrel & Larson em 1972 e o de Campbell em 1974. Além destes, há os modelos mais recentes como o de Reichardt *et al.* (1975), Mualem (1976), Libardi *et al.* (1980), Van Genuchten (1980), Reynolds *et al.* (1985) e Elrick *et al.* (1989).

Em laboratório, a condutividade hidráulica pode ser determinada utilizando equipamentos semelhantes ao construído por Darcy (Libardi, 2005). Contudo, nos dias atuais, a sofisticação dos equipamentos tem sido grande e tende a aumentar cada vez mais em função da necessidade de valores mais precisos e que reproduzam melhor as condições de campo. Assim, os ensaios de laboratório têm como justificativa de seu uso a praticidade, a rapidez e o baixo custo. Todavia, a efetividade dos resultados torna-se uma desvantagem marcante, pois não se pode assumir uma representatividade verdadeira em relação aos aspectos presentes no campo.

De modo geral, dois tipos de equipamentos são utilizados: permeômetros de parede rígida e de parede flexível. Quanto aos procedimentos, podem ser citados os de carga constante, em que a perda de carga é mantida constante e a correspondente velocidade de fluxo é medida; os de carga variável, onde a perda de carga diminui com o tempo e a velocidade de fluxo é obtida em função da mudança do nível de água e da área do tubo no qual a carga diminui, e o de fluxo constante, em que a velocidade de fluxo é mantida constante e a correspondente perda de carga é medida (Prevedello, 1996; Libardi, 2005).

Os procedimentos mais usuais são os de carga constante e variável. Quando a condutividade hidráulica é superior ao valor de 36 mm.h^{-1} , recomenda-se o uso de permeômetro de carga constante e, quando este for inferior, o de carga variável. O critério é baseado na




dificuldade em se medir vazões muito pequenas, devido ao efeito de simples evaporação. Sendo assim, as medidas em solos com baixa condutividade hidráulica somente podem ser obtidas com a utilização de gradientes elevados, o que usualmente produz uma grande variação na tensão efetiva da amostra, tornando-a menos homogênea. Como principais vantagens do ensaio de carga constante, é possível citar a facilidade de execução, simplicidade nos cálculos da condutividade hidráulica e a manutenção de uma poropressão constante ao longo da amostra (Carter, 1993; Libardi, 2005).

A determinação da condutividade hidráulica através do método de laboratório tem como vantagens seu custo e praticidade, porém, pode proporcionar problemas quanto ao alcance de respostas. Dentre os problemas, pode-se citar principalmente a representatividade do tamanho da amostra, a qual pode dificultar a visão de estratificações e laminações. Para amostras indeformadas, o processo de amostragem pode causar compressão, amolgamento ou qualquer outro distúrbio, afetando o valor da condutividade hidráulica (Carter, 1993; Prevedello, 1996). No caso de amostras deformadas, o problema mais comum está associado à estrutura, uma vez que esta não pode ser reproduzida em laboratório ou pode ser perdida durante a coleta da amostra.

Os ensaios realizados em campo para a determinação da condutividade hidráulica apresentam vários parâmetros que influenciam sua classificação. A metodologia de prospecção empregada é um destes parâmetros indiscutíveis na realização de qualquer ensaio de campo, pois definirá o tipo de infraestrutura necessária. Os parâmetros podem ser classificados conforme a maneira de realização e conforme o diferencial de pressão. Nos ensaios em porções não saturadas do solo, admite-se apenas a injeção de água no solo. Por outro lado, na realização de ensaios com porções saturadas do solo, há tanto a retirada quanto a injeção de água no solo (Cruciani, 1985; Carter, 1993).

Nos ensaios de carga constante, a manutenção do nível de água na posição constante na trincheira, poço ou furo de sondagem pode ser estabelecida de duas maneiras: i) através da introdução de água nos ensaios de infiltração (assim a carga aplicada é constante, medindo-se a vazão injetada necessária para se manter o nível constante); ii) através da retirada de água nos ensaios de bombeamento (neste caso, o aquífero é descarregado, medindo-se a vazão bombeada para manter constante o nível de água rebaixada) (Cruciani, 1985).

Nos ensaios de carga variável, o nível de água é alterado para uma posição que se pode denominar nível inicial de ensaio. Ao longo do tempo de ensaio, a tendência do nível de água será voltar à posição inicial. O nível pode ser estabelecido através da introdução de água nos



ensaios de infiltração, assim acompanha a velocidade de rebaixamento; ou por meio da retirada de água nos ensaios de recuperação, desta forma deverá ser realizada a medida da velocidade de recuperação (Cruciani, 1985).

O regime de fluxo destaca-se como um dos principais fatores condicionantes na validade dos ensaios para determinação da condutividade hidráulica no campo (Libardi, 2005). Este regime pode ser controlado, no campo, através de medições das vazões durante a execução desses ensaios. Quando as vazões permanecem constantes ao longo do tempo, diz-se que foi atingido um regime permanente de escoamento. Assim, as vazões podem ser consideradas estabilizadas quando uma variação progressiva não é observada (Cruciani, 1985; Brandão *et al.*, 2006).

A participação da condutividade hidráulica como uma propriedade dinâmica na equação de Darcy-Buckingham revela a sua importância para estudos de processos, como é o caso da drenagem interna ou a ascensão capilar, lixiviação de fertilizantes e poluentes (Libardi, 2005), sendo importante para o manejo adequado do solo, da água e da cultura.

Diversos trabalhos têm demonstrado que a condutividade hidráulica é um bom indicador de qualidade do solo devido a sua dependência do arranjo estrutural do solo (Souza & Alves, 2003; Dexter *et al.*, 2004; Costa & Nishiyama, 2007; Cavalieri *et al.*, 2009). Dentre estes, pode ser citado o trabalho de Dexter *et al.* (2004), em que, estudando o efeito da estrutura na condutividade hidráulica do solo saturado, verificaram que a condutividade hidráulica excessivamente alta relaciona-se com a presença de mesoporos formados por raízes e minhocas, embora esta seja dependente da macroporosidade.

A distribuição do tamanho das partículas do solo e a presença de frações orgânicas possibilitam a formação de uma estrutura com maior, ou menor estabilidade, e frequência em poros de um determinado raio efetivo. De modo generalizado, os solos arenosos possuem menor volume total de poros e uma maior macroporosidade que um solo argiloso. A porosidade do solo pode ser dividida em textural e estrutural. A porosidade textural ocorre entre as partículas de minerais primários; enquanto a porosidade estrutural inclui os macroagregados, agregados, bioporos e macroestruturas produzidas pelo manejo do solo (Dexter, 2004a). Assim, a condutividade hidráulica pode ser um bom indicador na avaliação da qualidade físico-hídrica do solo em diferentes sistemas de uso e manejo do solo.

REFERÊNCIAS

ALTIERI, M. **Agroecologia: bases científicas para uma agricultura sustentável**. Guaíba: Agropecuária, 2002. 592 p.

ALTIERI, M.; NICHOLLS, C. I. **Agroecologia: teoria e prática para uma agricultura sustentável**. México, DF: PNUMA, 2000. 250 p.

BRANDÃO, V. S.; CECÍLIO, R. A.; PRUSKI, F. F.; SILVA, D. D. **Infiltração da Água no Solo**. Viçosa: UFV, 2006. 120 p.

CARNEIRO, M. A. C., SOUZA, E. D., REIS, E. F., PEREIRA, H. S.; AZEVEDO, W. R. Atributos Físicos, Químicos e Biológicos de um Solo de Cerrado sob Diferentes Sistemas de Uso e Manejo. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 33, p. 147-185, 2009.

CARTER, M. R. **Soil sampling and Methods of Analysis**. Ottawa: CSSS, 1993. 823 p.

CAVALIERI, K. M. V.; SILVA, A. P.; TORMENA, C. A.; LEÃO, T. P.; DEXTER, A. R.; HAKANSSON, I. Long-term Effects of no Tillage on Dynamic Soil Physical Properties in a Rhodic Ferrasol in Paraná, Brazil. **Soil & Tillage Research**, v. 103, p. 158-164, 2009.

CELENTANO, D.; VERÍSSIMO, A. **A Amazônia e os Objetivos do Milênio**. Belém, PA: Imazon, 2007. 48 p.

COSTA, F. P. M.; NISHIYAMA, L. Utilização do permeâmetro guelph e penetrômetro de impacto em estudos de uso e ocupação dos solos em bacias hidrográficas. **Caminhos de Geografia**, v. 8, n. 24, p. 131-143, 2007.

CRUCIANI, D. E. **A drenagem na Agricultura**. São Paulo: Nobel, 1985. 337 p.

DEXTER, A. R. Soil Physical Quality. Part I: Theory, Effects of Soil Texture, Density, and Organic Matter, and Effects on Root Growth. **Geoderma**, v. 120, n. 3, p. 201-214, 2004a.

DEXTER, A. R. Soil Physical Quality. Part II: Friability, Tillage, Tilt and Hard-setting. **Geoderma**, v. 120, n. 4, p. 215-225, 2004b.

DEXTER, A. R. Soil Physical Quality. Part III: Unsaturated Hydraulic Conductivity and General Conclusions about S-theory. **Geoderma**, v. 120, n. 4, p.227-239, 2004c.

DEXTER, A. R.; CZYZ, E. A.; GATE, O. P. Soil Structure and the Saturated Hydraulic Conductivity of Subsoils. **Soil & Tillage Research**, Amsterdam, v. 79, n. 2, p. 185-189, 2004.

DORAN, J. W.; PARKIN, T. B. Defining and Assessing Soil Quality. In: DORAN, J. W.; COLEMAN, D. C.; BEZDICEK, D. F.; STEWART, B. A. Defining Soil Quality for a Sustainable Environment. Madison, **Soil Science Society of America**, (SSSA Special Publication, 35), p. 3-21, 1994.

ELRICK, D. E.; REYNOLDS, W. D.; TAN, K. A. Hydraulic Conductivity Measurements in the Unsaturated Zone Using Improved Well Analysis. **Groundwater Monitoring Review**, v. 9, p. 184-193, 1989.

EMBRAPA, Clima Temperado. **Qualidade Física do Solo: indicadores quantitativos (Documentos 196)**. Pelotas: Embrapa Clima Temperado, 2007. 27 p.

FREITAS, I. C. **Ciclagem de Nutrientes e Supressão de Ervas Espontâneas por Adubos Verdes sob um Sistema em Aléias**. 2008. 52 f. Dissertação (Mestrado em Agroecologia) – Universidade Estadual do Maranhão, São Luís, 2008.

GEHRING, C. O Ambiente do Trópico Úmido e O Manejo Sustentável dos Agroecossistemas. In: MOURA, E. G.; AGUIAR, A. C. F. **O Desenvolvimento Rural como Forma de Ampliação dos Direitos no Campo: princípios e tecnologias**. 1ª ed. Série Agroecologia-UEMA. 2006. v. II, cap. 6, p. 101-129.

GLIESSMAN, S. R. **Agroecologia: processos ecológicos em agricultura sustentável**. 2ª ed. Porto Alegre: Ed. Universidade/UFRGS, 2001. 653 p.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA – IBGE. **Manual Técnico de Pedologia**. 2ª ed. Rio de Janeiro: IBGE, 2007, p. 323.

JARDIM, F. C. S.; RIBEIRO, G. D.; ROSA, L. S. Avaliação Preliminar de Sistema Agroflorestal no Projeto Água Verde, Albrás, Barcarena, Pará-I. **Rev. Ciênc. Agrarias**, n. 41, p. 25-46, 2004.

KLEIN, V. A.; LIBARDI, P. L.; SILVA, A. P. Resistência do Solo a Penetração sob Diferentes Condições de Densidade e Teor de Água. **Engenharia Agrícola**, v.18, n. 2, p. 45-54, 1998.

LIBARDI, P. L. **Dinâmica da Água no Solo**. São Paulo: Universidade de São Paulo, 2005, 335 p.

LIBARDI, P. L.; REICHARDT, K.; NIELSEN, D. R.; BIGGAR, J. W. Simple Field Methods for Estimating Soil Hydraulic Conductivity. **Soil Sciences Society of America Journal**, v. 44, n. 1, p. 3-7, 1980.

LIMA, H. V.; OLIVEIRA, T. S.; OLIVEIRA, M. M.; MENDONÇA, E. S.; LIMA, P. J. B. F. Indicadores de Qualidade do Solo em Sistemas de Cultivo Orgânico e Convencional no Semi-árido Cearense. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 31, n. 5, p. 1085-1098, 2007.

MMA; MEC. **Coletivos Jovens de Meio Ambiente: manual orientador**. Brasília: Dreams, 2005.

MOURA, E. G. Agroambientes de Transição Avaliados numa Perspectiva da Agricultura Familiar. In: MOURA, E. G. **Agroambientes de Transição entre o Trópico Úmido e o Semi-árido do Brasil**. São Luís: UEMA, 2004. cap. 1, p. 15-51.


MOURA, E. G.; COELHO, K. P.; FREITAS, I. C.; [AGUIAR, A. C. F.](#) Chemical and Physical Fertility Indicators of a Weakly-structured Ultisol after Liming and Mulching. **Scientia Agrícola**, v. 66, p. 800-805, 2009.

MUALEM, Y. A New Model for Predicting the Hydraulic Conductivity of Unsaturated Poros Media. **Water Resources Research**, v. 12, n. 3, p. 513-522, 1976.

OLIVEIRA, J. B. **Pedologia Aplicada**. 2ª ed. Piracicaba, FEALQ, 2005, 574p.

PREVEDELLO, C. L. **Física do Solo com Problemas Resolvidos**. Curitiba: SAEFS, 1996. 446 p.

REICHARDT, K.; LIBARDI, P. L.; NIELSEN, D. R. Unsaturated Hydraulic Conductivity Determination by a Scaling Technique. **Soil Science**, v. 160, n. 3, p. 165-168, 1975.



REYNOLDS, W. D.; ELRICK, D. E.; CLOTHIER, B. The Constant Head Well Permeameter: effects of unsaturated flow. **Soil Science**. v. 39, n. 2, p. 172-180, 1985.

SECCO, D.; DA ROS, C. O.; SECCO, J. K.; FIORIN, J. E. Atributos Físicos e Produtividade de Culturas em um Latossolo Vermelho Argiloso sob Diferentes Sistemas de Manejo. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 29, n. 3, p. 407-414, 2005.

SILVA, A. P.; TORMENA, C. A.; FILDALSKI, J.; IMHOFF, S. Funções de Pedotransferência para as Curvas de Retenção de Água e de Resistência do Solo à Penetração. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 32, n. 1, p. 1-10, 2008.

SILVA, C. E.; HOLANDA, F. S. R. Indicadores de Sustentabilidade para Avaliação de Agroecossistema Extrativistas: o caso da Aroeira (*Schinus terebinthifolius* Raddi) no baixo São Francisco, Brasil. **Revista Campus**, v. 2, n. 1, p. 111-126, 2009.

SOUZA, Z. M.; ALVES, C. M. Movimento de Água e Resistência à Penetração em um Latossolo Vermelho Distrófico de Cerrado, sob Diferentes Usos e Manejos. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v. 7, n. 1, p. 18-23, 2003.

SOUZA, Z. M.; LEITE, J. A.; BEUTLER, A. N. Comportamento de Atributos Físicos de um Latossolo Amarelo sob agroecossistemas do Amazonas. **Engenharia Agrícola**, v. 24, n. 3, p. 654-662, 2004.

STOLF, R. Teoria e Teste Experimental de Fórmulas de Transformação de Dados de Penetrômetro de Impacto em Resistência do Solo. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 15, n. 3, p. 229-236, 1991.

TUCCI, C. E. M. **Hidrologia: ciência e aplicação**. Porto Alegre: ABRH/UFRGS, 2001. 943 p.

VAN GENUCHTEN, M. T. A Closed form Equation for Predicting the Hydraulic Conductivity of Unsaturated Soils. **Soil Science Society of America Journal**, Madison, v. 44, n. 5, p. 892-898, 1980.

CAPÍTULO 2

AVALIAÇÃO DE ESPÉCIES ARBÓREAS PRESENTES NA ARBORIZAÇÃO URBANA DO MUNICÍPIO DE GOIÂNIA (GO)

Iolanda Inácia Oliveira⁶
Ressiliane Ribeiro Prata Alonso⁷
Milton Gonçalves da Silva Júnior⁸

RESUMO

Devido a constantes acidentes com árvores em períodos de chuvas no município de Goiânia, surgiu o interesse pela investigação da existência, ou não, de um plano de gestão ambiental, para avaliar as espécies arbóreas presentes, sugerindo uma alta incidência de espécies exóticas na arborização urbana de Goiânia. O trabalho estará possibilitando uma verificação dos impactos gerados, com a presença dessas espécies, sabendo que espécies exóticas não possuem raízes adaptadas para o tipo de solo local, possuindo inclusive menor resistência as pragas locais. Para a realização deste trabalho foi realizado a verificação de espécies arbóreas com maior incidência no município de Goiânia. O trabalho teve como objetivo principal avaliar as espécies arbóreas presentes na arborização do município de Goiânia comparando a frequência das espécies nativas e invasoras, sendo este realizado por meio de pesquisas em base de dados virtuais, inventários e artigos disponíveis na internet. Do total das espécies catalogadas no inventario foram selecionadas as 15 espécies com maior incidência, gerando um total de 72,23% do total amostrado, tendo como resultado obtido uma alta incidência de espécies exóticas caracterizando um descontrole quanto a distribuição dessas espécies, onde somente 7,84% das espécies catalogadas são nativas do bioma cerrado. Concluiu-se que se faz necessário um plano de gestão ambiental na cidade, tanto para controlar a incidência de espécies invasoras, quanto influenciar e buscar iniciativas para inserir as espécies nativas de volta a região.

Palavras chave: “Gestão ambiental pública”; “Arborização Urbana”; “Ecologia Urbana”.

INTRODUÇÃO


Atualmente muito se discute a respeito de questões ambientais por diversos representantes de Organização das Nações Unidas (ONG), profissionais das áreas ambientais, empresas de diversos segmentos, sociedade civil, a população de modo geral, tem se manifestado diariamente quanto a preocupação com os recursos naturais do país.

Com o grande desenvolvimento que se sucedeu após a revolução industrial, surgiram diversas técnicas em conjunto com a ciência, para criação de produtos que atendessem a cada dia mais a busca pelo conforto que existia na população. Essa geração de produtos, trouxe

⁶ Secretaria de Estado de Educação, SEDUCE - GO.

⁷ Professora do Centro Universitário Araguaia – UniAraguaia.

⁸ Professor do curso de Engenharia Ambiental – Centro Universitário Araguaia – UniAraguaia.



consigo diversas melhorias a população, porém o meio ambiente sofreu diversas mudanças significativas, devido ao alto consumo dos recursos naturais de forma ilimitada e uso de fontes de energia, resultando em impactos negativos para o meio ambiente.


Diversos impactos ambientais foram noticiados, até que, em 1970 começou a surgir a preocupação em nível mundial quanto ao uso dos recursos naturais. Na conferência de Estocolmo – Suécia, foi o marco inicial de um planejamento ambiental em todo mundo. Porém no Brasil esse planejamento só iniciou em 1980, com a formulação do processo de redemocratização do país por meio da promulgação da lei número 6. 938 que dispõe sobre a Política Nacional do Meio Ambiente, manifestando assim uma preocupação com os recursos ambientais do país.

Logo após, em 1988 foi instituído em estado democrático o código da Constituição Federal, onde estabelece em seu artigo 225, “o meio ambiente ecologicamente equilibrado” como direito e como “bem de uso comum do povo e essencial à sadia qualidade de vida”, também impõe ao “Poder Público e à coletividade o dever de defendê-lo e preservá-lo para as presentes e futuras gerações”. Para garantir a efetividade deste princípio, a Constituição determina sete incumbências ao Poder Público e somente a ele, nestas incumbências, se destaca a preservação da fauna e da flora como instrumento estratégico para preservação do patrimônio ambiental brasileiro (BRASIL, 1988).

Sendo uma das incumbências do poder público a proteção da flora, e de fundamental importância que cada município preserve suas espécies nativas, o que não ocorreu no município de Goiânia, que segundo o Plano Diretor de Arborização Urbana (PDAU) utilizou de diversas espécies arbóreas exóticas para sua arborização logo no arruamento do município, fator esse ocasionado devido as mudas de espécies exóticas terem melhor custo na época. Muito pouco era conhecido sobre a flora nativa da região, sendo assim foram incluídas espécies exóticas na arborização de ruas, casas, praças. Resultando um cenário atual com uma grande ocorrência de espécies exóticas (GOIÂNIA, 2008).

Se faz de suma importância e necessidade para a preservação de espécies nativas e endêmicas da região, a criação e efetividade quanto a aplicação dos planos de gestão ambiental estratégicos, para que os municípios tenham um controle quanto ao uso de espécies exóticas e nativas em sua arborização.

A população de Goiânia tem sofrido diversos impactos devido à presença dessas espécies exóticas em sua arborização, um desses impactos que ocorreram em Goiânia, foram acidentes decorrentes da presença de frutos de jamelão em avenidas, frutos estes que deixam as



pistas escorregadias e propensas a desestabilização no tráfego de motociclistas, o jamelão é um exemplo de espécie exótica segundo GODOY *et al.* (2013) “nativa da Índia” bem presente na arborização urbana atual em diversos pontos da cidade, outro problema muito recorrente na cidade, são as quedas de árvores nos períodos de chuva, que ocorrem principalmente devido ao plantio de espécies em áreas inapropriadas.


Diante disto o trabalho teve como objetivo expor a importância do plano de gestão ambiental para a correta implementação de uma arborização urbana na cidade de Goiânia, por meio das avaliações quanto: a ocorrência de espécies exóticas na arborização do município de Goiânia; verificar os riscos e impactos que a implementação dessas espécies arbóreas exóticas podem resultar: economicamente, socialmente e ambientalmente; Quantificar espécies quanto as classificações exóticas X nativas para análise da singularidade da arborização atual de Goiânia; Se a arborização atual atende as recomendações listadas, visto que a utilização de espécies exóticas pode gerar diversos impactos ao meio ambiente e a população, principalmente quando não há um estudo prévio da espécie que irá ser plantada e o local que receberá a árvore. A caracterização da cidade tem fundamental importância, para se gerar projetos de conservação, que visam o cerrado no paisagismo local.

METODOLOGIA

A pesquisa realizada teve método descritivo, a qual foi utilizado dois métodos de investigação, sendo eles; documental, onde foram coletados e analisados os documentos de análise que pertencem ao plano diretor de arborização urbana de Goiânia (PDAU-GO); outro método foi a investigação bibliográfica, onde foi realizado à pesquisa tanto em revistas e artigos virtuais quanto em livros didáticos visando esclarecer e caracterizar as espécies catalogadas no PDAU-GO quanto sua origem.

Na condição de verificar a frequência de espécies nativas na cidade de Goiânia foi efetuada uma revisão no Plano Diretor de Arborização Urbana – PDAU (2008), dados esse que foram levantados por meio de amostragem. A unidade de análise deste estudo foi a quantificação e comparação de espécies arbóreas exóticas/nativas do Município de Goiânia, sendo realizado um plano amostral de 72,23% das espécies catalogadas pelo PDAU-GO.

Para análise dos dados documentais e bibliográficos as amostras catalogadas em Goiânia foram verificadas bibliograficamente e identificadas quanto sua origem, sendo elas; nativa para



espécies que pertencem ao bioma cerrado, e exótica para espécies vindas de outros biomas e outros países.

Para analisar os resultados foram efetuados tratamento e análise de dados com o sistema Microsoft Excel®, a quais foram gerados as tabelas e gráficos amostrais para esclarecer os resultados obtidos quanto a quantificação de espécies nativa/exótica sendo feito a comparação a fim de avaliar o percentual de cada grupo presente na região.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Cidades de ampla área como Goiânia, a qual se estima possuir aproximadamente “1.466.105 habitantes” (IBGE, 2017) são inventariadas por amostragem, ou seja, não há condições de realizar um levantamento quali-quantitativo de toda a cidade. Porém, por meio do próprio cadastramento, estimou-se que Goiânia possua hoje um total estimado de 950.000 árvores, amostrando-se deste total, 14% da população arbórea de Goiânia-GO correspondente ao inventário de 70 bairros (GOIÂNIA, 2008).

Na condição de verificar a frequência de espécies nativas/exóticas na cidade de Goiânia foi efetuada uma pesquisa, no inventário de arborização do município, disponível no Plano Diretor de Arborização Urbana – PDAU (2008), dados esse que foram levantados por meio de amostragem. A Figura 1 a seguir demonstra os setores do município de Goiânia- GO, identificando os setores onde foi realizado o cadastramento e mapeamento da arborização existente.

Nº	SETOR	TOTAL DE ÁRVORES	Nº	SETOR	TOTAL DE ÁRVORES
1	Aeroporto	5.946	37	Nova Suiça	2.291
2	Aerovários	1.096	38	Nova Vila	2.640
3	Bairro Feliz	1.110	39	Oeste	5.949
4	Bairro Nossa S. de Fátima	860	40	Padre Pelágio	407
5	Bairro Operário	385	41	Parque Industrial de Goiânia	579
6	Bela Vista	2.073	42	Pedro Ludovico	8.502
7	Bueno	5.287	43	Rodoviário	1.831
8	Cacara Elísio Campos	323	44	Santa Genoveva	1.736
9	Campinas	4.117	45	São José	490
10	Central	6.856	46	Serrinha	690
11	Centro-Oeste	2.632	47	Sudoeste	3.389
12	Cidade Jardim	5.719	48	Sul	5.727
13	Coimbra	4.197	49	Vila Abajá	385
14	Conjunto Castelo Branco	487	50	Vila Aguiar	405
15	Conjunto Guadalajara	756	51	Vila Americano do Brasil	758
16	Conjunto Rodoviário	472	52	Vila Aurora	979
17	Conjunto Santos Drumont	685	53	Vila Aurora Oeste	758
18	ConjuntoYara	597	54	Vila Colemar Natal e Silva	484
19	Criméia Leste	1.530	55	Vila Froes	647
20	Criméia Oeste	1.377	56	Vila Jaraguá	704
21	Esplanada do Anicuns	531	57	Vila Megale	579
22	Funcionários	3.112	58	Vila Monticelli	782
23	Industrial Mooca	616	59	Vila Mooca	396
24	Jaó	2.117	60	Vila Nova Canaã	684
25	Jardim América	9.915	61	Vila Oswaldo Rosa	397
26	Jardim das Esmeraldas	860	62	Vila Paraíso	404
27	Leste Universitário	6.195	63	Vila Santa Isabel	443
28	Leste Vila Nova	4.361	64	Vila Santa Rita	636
29	Loteamento Manso Pereira	359	65	Vila Santa Tereza	455
30	Marechal Rondon	1.047	66	Vila Santo Afonso	421
31	Marista	5.211	67	Vila São Luiz	410
32	Morada Nova	810	68	Vila São Paulo	431
33	Morais	583	69	Vila Teófilo Neto	449
34	Negrão de Lima	2.887	70	Vila Viana	446
35	Norte Ferroviário	1.239			
36	Norte Ferroviário II	469			
TOTAL:				133.061 ÁRVORES	

Figura 1- Setores do município de Goiânia- GO que tiveram suas árvores cadastradas pelo banco de dados do Plano Diretor de Arborização Urbana. Fonte: Plano Diretor de Arborização Urbana (GOIÂNIA, 2008)

Com base na pesquisa do banco de dados do PDAU efetuado na cidade de Goiânia, foram selecionadas as 15 espécies de árvores com maior incidência na cidade, representando um total de 72,23% da frequência total. A partir da seleção, foram efetuadas revisões para se verificar a origem de procedência das espécies, e os resultados são visto na Tabela 01.


Na verificação da origem, retratado pela Tabela 01 utilizou-se como definição de categorias de procedência as seguintes nomenclaturas: (EX-BR) para espécies exóticas extras ecossistemas brasileiros, espécie que não ocorre espontaneamente nos biomas existentes no território brasileiro, sendo nativa de ecossistemas de outros países; (EX-CE): Espécie exótica extra bioma cerrado, espécie que não ocorre espontaneamente no bioma cerrado, sendo oriunda de biomas distintos existentes no Brasil; (Nativa): espécie que ocorre espontaneamente no bioma cerrado.

Tabela 1– Quinze espécies mais prevalentes registradas na arborização de vias públicas de Goiânia Frequência obtida por espécie na cidade (Fo.%), categoria de procedência da espécie (Proced.), quantidade de espécies catalogadas(Quant) e (CAT) para categoria de procedência, sendo nesta descrito as espécies como Exóticas Extras Ecossistemas Brasileiros, onde (EX-BR), Exótica Extra bioma cerrado (EX-CE) e Nativa. Fonte: PDAU (com inclusão de colunas referente a origem e categoria pesquisadas).

Nome Popular	Nome Científico	Família	Proced.	Quant	Fo. %	CAT
Monguba	<i>Pachira aquatica</i> Aubl.	Bombacaceae	Sul do México até o Norte da América do Sul (PEIXOTO; ESCUDEIRO, 2002)	25.481	19,150	EX-BR
Sibipiruna	<i>Caesalpinia pluviosa</i> var. <i>peltophoroides</i> (Benth.) G.P. Lewis	Leguminosae-caesalpinioideae	Mata Atlântica (BRUN <i>et al.</i> , 2012)	22.687	17,050	EX-CE
Guariroba	<i>Syagrus oleracea</i> (Mart.) Becc.	Arecaceae	Cerrado (PINTO, 2009)	10.432	7,840	Nativa
Ficus-benjamina	<i>Ficus benjamina</i> L.	Moraceae	Ásia (BLUM, 2008)	6.481	4,871	EX-BR
Sete-copas	<i>Terminalia catappa</i> L.	Combretaceae	Índia e Malásia (SANTOS; TEIXEIRA, 2010)	6.467	4,860	EX-BR
Ipê-de-jardim, Cedrinho	<i>Tecoma stans</i> L.	Bignoniaceae	México e sul dos Estados Unidos. (CIPRIANI <i>et al.</i> , 2014)	4.059	3,050	EX-BR
Continuação Tabela 1						
Quaresmeira-roxa	<i>Tibouchina granulosa</i> (Desr.) Cogn.	Melastomataceae	Mata Atlântica (LOPES <i>et al.</i> , 2005)	3.979	2,990	EX-CE

Palmeira-imperial	<i>Roystonea borinquena</i> O.F. Cook	Arecaceae	Antilhas e norte da Venezuela (VIANA <i>et al.</i> , 2009)	3.447	2,590	EX-BR
Bauhinia-ililás, Pata-de-vaca	<i>Bauhinia variegata</i> L.	Leguminosae-Caesalpinioideae	Asiática (DUARTE <i>et al.</i> , 2007)	2.289	1,720	EX-BR
Mangueira	<i>Mangifera indica</i> L.	Anacardiaceae	Índia (MONTEIRO <i>et al.</i> , 2006)	2.276	1,710	EX-BR
Oiti	<i>Licania tomentosa</i> (Benth.) Fritsch	Chrysobalanaceae	Mata Atlântica (SERPA <i>et al.</i> , 2009)	2.010	1,510	EX-CE
Flamboyant	<i>Delonix regia</i> (Bojer ex Hook.) Raf.	Leguminosae-Caesalpinioideae	Madagascar e África (SINGH; KUMAR, 2014)	1.983	1,490	EX-BR
Palmeira-areca	<i>Dypsis lutescens</i> (H. Wendl.) Beentje & J. Dransf.	Aracaceae	Madagascar (SODRÉ, 2005)	1.810	1,360	EX-BR
Bauhinia-rosa	<i>Bauhinia blakeana</i> Dunn	Leguminosae-Caesalpinioideae	Hong Kong (LAU <i>et al.</i> , 2005)	1.424	1,070	EX-BR
Jambo-do-pará, Jambo-vermelho	<i>Syzygium malaccense</i> (L.) Merr. & L.M. Perry	Myrtaceae	Asiática (MELO <i>et al.</i> , 2009)	1.291	0,970	EX-BR

Na Tabela 01, verifica-se que a espécie *Pachira aquatica aubl.* (Monguba) possui uma frequência na região de Goiânia acima do que é recomendado, com 19,15% entre as demais, visto que o recomendado é que cada espécie utilizada na arborização de ruas não atinja mais que 15% da população total (TEIXEIRA, 1999).



A *Pachira aquatica* apresenta em suas características uma alta facilidade de adaptação em condições climáticas diversas sendo amplamente cultivada para ornamentação, por apresentar fácil manejo, copa densa que propicia maiores áreas de sombreamento na cidade, consequentemente leva a uma melhora no macro clima local, a árvore é uma espécie frutífera, não é notório os benefícios na alimentação local pois seus frutos não são uma iguaria bem aceita na culinária goiana. Independentemente de seu fruto a espécie teve sua introdução na arborização em Goiânia, adaptou bem ao solo da região e propagou-se rapidamente pelo território goiano.

A segunda espécie com maior incidência no inventário foi a *Caesalpinia pluviosa* var. *peltophoroides*. Essa espécie é muito utilizada na arborização de ruas e estacionamentos por possuir uma floração exuberante e fornecer boa sombra. Podendo ser usada inclusive de forma isolada em parques e grandes jardins.

Já em penúltima espécie da listagem na Tabela 01 é encontrada a *Bauhinia blakeana*, sendo descrita originalmente em Hong Kong, a espécie é bem solicitada devido a suas características ornamentais. A espécie também se adaptou bem as condições climáticas de Goiânia, apesar de estar entre as últimas colocações da tabela, ainda apresenta alto número de espécies com 1424 exemplares catalogados pelo inventário, essa incidência pode ter influência do plantio da espécie para o uso terapêutico pela população pois muitas pessoas acreditam que a espécie possui em suas folhas uma alternativa terapêutica a diabetes.

Já em última colocação a *Syzygium malaccense* é uma espécie encontrada em locais com bastante sol, espécie frutífera que possui frutos doces e carnudos, sendo estes bem aceitos na alimentação local, fator esse que pode ter favorecido a inclusão desta espécie na arborização local da cidade, a espécie apresenta um bom potencial paisagístico, pois possui copa cheia e com excelente sombreamento e flores exuberantes.

Pelos resultados, foi visto que todas as espécies listadas na Tabela 01 possuem alto potencial paisagístico, e algumas podem oferecer inclusive benefícios a população, o problema se iniciou na falta de um plano de gestão ambiental, pois devido a isso não houve um controle dessas espécies, gerando um cenário atual com um provável desequilíbrio ecológico, pois toda uma cadeia foi influenciada com essa mudança na vegetação nativa e consequentemente no macro clima local.

O Figura 2 retrata visivelmente que a porcentagem de árvores nativas em Goiânia está abaixo do recomendado, visto que segundo BATISTEL (2009), “é preferível a utilização de espécies nativas na arborização”. Conforme os resultados gerados, é perceptível que, a cidade

de Goiânia não preservou sua singularidade quanto às espécies arbóreas, levando em consideração que somente 7,84% da vegetação da cidade é caracterizada como tipicamente Cerrado. Resultados como este foram observado em Cataguases-MG a qual foram quantificados e qualificados quanto à origem das espécies, 22 (56,41%) das espécies encontradas foram classificadas como Exótica, 6 (15,38%) são classificadas como Nativa regional e 11 (28,30%) são classificadas como Nativa não regional (PAULA *et al.*, 2015), resultando em somente 15,38% da frequência Nativa a região.

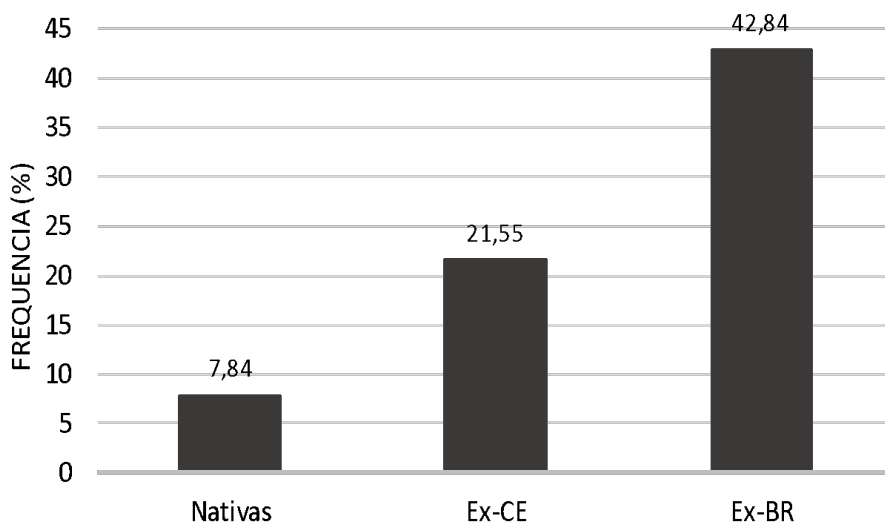



Figura 2 - Histograma gerado a partir dos valores de porcentagem, da (Fre. %), por categoria de status de origem na arborização de vias públicas de Goiânia.

O resultado obtido pela Figura 1 é nítido que o município de Goiânia apresenta um quadro em desacordo com as recomendações pois segundo o decreto nº 2, de 03 de fevereiro de 1994, prevê que o Brasil tem compromisso legal com a CDB comprometendo-se a adotar e aplicar, no seu território, as ações e os princípios da Convenção (LEÃO, 2011). No contexto das espécies exóticas invasoras, isso quer dizer que o País deve “impedir que sejam introduzidas e deve controlar ou erradicar espécies exóticas que ameacem ecossistemas, habitats ou espécies” (BRASIL, 1998).

Na introdução de plantas ornamentais arbóreas na paisagem urbana, muitas vezes vem acompanhada de pragas as quais são introduzidas, resultando em problemas para produtores e gestores. E aumenta consideravelmente os riscos de pragas e doenças (GREY *et al.*, 1978). Pragas essas que já são diagnosticadas pelo PDAU, resultando em muitas quedas de árvores nos períodos de chuvas da região, quedas estas que trazem inúmeros prejuízos a sociedade, tanto da parte econômica quando a rede elétrica é atingida, deixando assim diversos setores sem



energia. Outro fator muito preocupante referente a quedas de árvores e o impacto gerado ao trânsito da cidade, as quedas deixam avenidas bloqueadas, oferecendo riscos de acidentes, sendo que a parte elétrica também tem influência nesse fator pois a falta da energia impossibilita o funcionamento de sinaleiros.

Para a eficiência de um plano de gestão ambiental é importante visar basicamente os seguintes fatores, primeiramente a utilização de espécies nativas como plano de preservação de espécies ao bioma nativo cerrado goiano, visto que a cidade possui um número altamente superior em espécies arbóreas, não pertencentes as espécies nativas, sabendo-se ainda que as espécies nativas do cerrado se encontram em um alto nível de decaimento, considerando tanto em números de indivíduos, quanto em biodiversidade de espécies, e importante criar alternativas para a conservação dessas espécies, pois segundo KLINK *et al.* (2005), somente cerca de 2,2% do bioma estão legalmente protegidos e existem estimativas indicando que pelo menos 20% das espécies endêmicas e ameaçadas permanecem fora dos parques e reservas existentes.

Outro fator tão importante quanto ao que foi visto anteriormente é a avaliação das espécies que serão plantadas quanto a sua morfologia, quanto ao local e tipo de solo que receberá a muda ou árvore, e quanto ao estudo de impacto e prejuízos que a espécie poderá trazer futuramente a população, ou seja, toda a ecologia da espécie. Com esse estudo prévio será possível prevenir muitos dos acidentes que são vistos atualmente, um caso muito repercutido pelas mídias que retrata bem a falta de planejamento urbano na cidade de Goiânia quanto a esse fator são os acidentes decorrentes do uso de jamelões em avenidas, uma árvore com uma copa que permite alto sombreamento de veículos, porém a queda de seus frutos na avenida deixa a pista escorregadia e tem gerado diversos acidentes com motociclistas

CONCLUSÃO

A ausência de uma gestão ambiental eficiente no início do planejamento da capital, resultou em uma arborização urbana com baixa frequência de espécies nativas e alta utilização de espécies exóticas diferindo do que é recomendado. Os resultados inferiram diversos impactos ambientais, sociais e econômicos decorrentes da falta de um estudo prévio antecedente a implantação da muda ou da árvore, sendo de fundamental importância, estudar a morfologia, ecologia, tipo de solo efetuar o plantio e possíveis impactos da espécie, para evitar ou reduzir riscos futuros a comunidade.

Com uma gestão ambiental eficiente, e possível avaliar o ciclo ecológico que determinada árvore influenciará ao meio em que será inserida, estudar a utilização de espécies nativas para adaptar o uso nas áreas urbanas, motivar o plantio de mudas nativas, e distribuir mudas para que a população participe de forma direta para preservação de suas espécies, a gestão ambiental é importante também para elaborar estudos que visam minimizar possíveis impactos, prevenindo danos futuros e promover determinadas soluções ambientais.

REFERÊNCIAS

BARBOSA, Manuela Santos; KRAVETZ, Márcia Cristiane. Gestão ambiental na gestão pública. **Meio Ambiente e Sustentabilidade**, v. 3, n. 2, p. 5-20, 2013.

BATISTEL, Ludmilla Machado et al. **Diagnóstico qualitativo e quantitativo da arborização urbana nos bairros Promissão e Pedro Cardoso, Quirinópolis, Goiás**. IN: Revista da Sociedade Brasileira de Arborização Urbana-REVSBAU. Piracicaba-SP, v. 4, n. 3, p. 110-129, 2009.

BLUM, Christopher Thomas; BORGIO, Marília; SAMPAIO, André Cesar Furlaneto. **Espécies exóticas invasoras na arborização de vias públicas de Maringá-PR**. Revista da Sociedade Brasileira de Arborização Urbana, Piracicaba, v. 3, n. 2, p. 78-97, 2008.

BRASIL. **Constituição da república federativa do brasil de 1988**. Disponível em: <http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/Constituicao/Constituicao.htm>. Acesso em: 04 mai. 2018.

BRASIL. **Lei nº 9.605, de 12 de fevereiro de 1998**. Dispõe sobre as sanções penais e administrativas derivadas de condutas e atividades lesivas ao meio ambiente, e dá outras providências. Disponível em: <http://legislacao.planalto.gov.br/legisla/legislacao.nsf/Viw_Identificacao/lei%209.605-1998?OpenDocument>. Acesso em: 04 mai. 2018.

BRUN, E, J, et al. **Avaliação nutricional de espécies nativas utilizadas na arborização do campus da Universidade Federal de Santa Maria-RS**. REVSBAU, Piracicaba – SP, v.7, n.1, p. 89-111, 2012.

CIPRIANI, Franciane Auxiliadora et al. **Avaliação da fitotoxidez de Tecoma stans (L.) Kunth**. 2014.

CHAVEIRO, Eguimar Felício; CASTILHO, Denis. **Cerrado: patrimônio genético, cultural e simbólico**. In: Revista Mirante, vol. 2, n.1. Pires do Rio - GO: UEG, 2007.

DUARTE, Márcia R. et al. **Bauhinia variegata: diagnose morfoanatômica e análise comparativa entre exemplares de regiões climáticas distintas**. Latin American Journal of Pharmacy, v. 26, n. 6, p. 837, 2007.

GODOY, RL de O. et al. Identificação de compostos voláteis de jamelão (*Syzygium cumini*). In: **Embrapa Agroindústria de Alimentos-Artigo em anais de congresso (ALICE)**. Higiene Alimentar, São Paulo, v. 27, n. 218/219, p. 1569-1573, mar./abr. 2013. Edição dos Resumos do

VI Congresso Latinoamericano e XII Congresso Brasileiro de Higienistas de Alimentos, II Encontro Nacional de Vigilância das Zoonoses, IV Encontro do Sistema Brasileiro de Inspeção de Produtos de Origem Animal, Gramado, abr. 2013., 2013.

GOIANIA, **Plano diretor de arborização urbana** 2008. Disponível em: <http://www.goiania.go.gov.br/download/amma/relatorio_Plano_Diretor.pdf>. Acesso em: 04 mai. 2018.

GREY, Gene W. et al. **Urban forestry**. John Wiley and Sons. 1978.

IBGE, **População de Goiânia**. Disponível em: <https://cidades.ibge.gov.br/brasil/go/goiania/panorama>, visto em 23/03/2018.

ITII, Satie Helena Takahassi; MALHEIROS, Roberto; CAMPOS, Agostinho Carneiro. **A arborização urbana com espécies nativas do cerrado no contexto do patrimônio histórico da cidade de nerópolis**. III Congresso Brasileiro de Gestão Ambiental Goiânia/GO – 19 a 22/11/2012.

KLINK, Carlos A.; MACHADO, Ricardo B. **A conservação do Cerrado brasileiro**. Megadiversidade, v. 1, n. 1, p. 147-155, 2005.

LAU, Carol PY; RAMSDEN, Lawrence; SAUNDERS, Richard MK. **Hybrid origin of “Bauhinia blakeana” (Leguminosae: Caesalpinioideae), inferred using morphological, reproductive, and molecular data**. American Journal of Botany, v. 92, n. 3, p. 525-533, 2005.

LEÃO, T. C. C. et al. **Espécies Exóticas Invasoras no Nordeste do Brasil: Contextualização. Manejo e Políticas Públicas**. Recife: Capan, 2011.

LOPES, José Carlos; DIAS, Paulo César; PEREIRA, Márcio Dias. **Maturação fisiológica de sementes de quaresmeira**. Pesquisa Agropecuária Brasileira, v. 40, n. 8, p. 811-816, 2005.


MELO, R. R. et al. **Características farmacobotânicas, químicas e biológicas de Syzygium malaccense (L.) Merr. & I. M. Perry**. Revista Brasileira de Farmácia, v. 90, p. 298-302, 2009.

MONTEIRO, Sabrina Pitombeira et al. Morfologia floral de Mangifera indica L. var. Tommy Atkins (Anacardiaceae) no Vale do São Francisco. In: **Embrapa Semiárido-Resumo em anais de congresso (ALICE)**. In: REUNIÃO NORDESTINA DE BOTÂNICA, 29., 2006, Mossoró. Diversidade, conservação e uso sustentável da flora nordestina: resumos. Mossoró: UERN, 2006.

PARÁ, PROGRAMA DE ESPÉCIES EXÓTICAS INVASORAS; DO SUL, A. AMÉRICA. **Modelo para o desenvolvimento de uma estratégia nacional para espécies exóticas invasoras**. 2007.

PAULA, L. de; DUARTE, M. S. S.; TOSTES, R. B.; OLIVEIRA JUNIOR, P. R. de.; RUBACK, S. S. **Arborização urbana do bairro Centro do município de Cataguases, MG**. Revista Agrogeoambiental, Pouso Alegre, v. 7, n. 2, p. 101-112, jun. 2015.

PEIXOTO, Ariane Luna; ESCUDEIRO, Alexandra. **Pachira aquatica (Bombacaceae) na obra “história dos Animais e Árvores do Maranhão” de Frei Cristóvão de Lisboa**. Rodriguésia, p. 123-130, 2002.



PINTO, Jefferson Fernando Naves. **Variabilidade genética de guariroba (*Syagrus oleracea* Becc.) determinadas por descritores morfológicos e marcadores RAPD** [manuscrito]/Jefferson Fernando Naves Pinto. -2009. Xii, 81 f.: Il., color. figs. 2009. Tese de Doutorado. Dissertação (mestrado)-Universidade Federal de Goiás, Campus Jatai, Programa de Pós Graduação em Agronomia.

SANTOS, Marcus Nascimento; TEIXEIRA, Maria Lúcia França. **Semente de amendoeira (*Terminalia catappa* L.) (Combretaceae) como substrato para o cultivo de orquídeas epífitas**-DOI: 10.4025/actasciagron. v32i2. 1829. Acta Scientiarum. Agronomy, v. 32, n. 2, p. 339-343, 2010.

SERPA, D, S. et al. **Arborização urbana em três municípios do sul do estado de Goiás: Morrinhos, Goiatuba e Caldas Novas**. REVSBAU, Piracicaba – SP, v.4, n.3, p.98-112, 2009.

SINGH, Sumitra; KUMAR, Sonia Naresh. A Review: **Introduction To Genus Delonix**. World Journal Of Pharmacy And Pharmaceutical Sciences, v. 3, n. 6, 2014.

SODRÉ, J. B. **Morfologia das palmeiras como meio de identificação e uso paisagístico**. Monografia de especialização. Universidade Federal de Lavras, Lavras, MG, 2005.

TEIXEIRA, Italo Filippi. **Análise qualitativa da arborização de ruas do conjunto habitacional Tancredo Neves, Santa Maria (RS)**. Ciência Florestal, v. 9, n. 2, p. 9-21, 1999.

VIANA, F. M. P.; FREIRE, F.; LIMA, J. S. **Podridão do estipe da palmeira-imperial (*Roystonea oleracea* (Jack.) Cook) nos Estados do Ceará e Piauí**. Embrapa Agroindústria Tropical. Comunicado técnico.

CAPÍTULO 3

ELABORAÇÃO DA METODOLOGIA DE APLICAÇÃO DO TESTE TETRAZÓLIO PARA SEMENTES DE BARU (*Dipteryx alata Vog.*)

Salete Cristina de Lima⁹
Mateus de Leles Lima¹⁰
Emerson Trogello¹¹

RESUMO

O baru é uma espécie nativa do cerrado com forte potencial para comercialização, porém o processamento dos seus produtos não é tão simples, pois o envoltório da amêndoa é bastante resistente e as ferramentas utilizadas para este processo são improvisadas o que pode provocar avarias nas amêndoas e conseqüentemente perder o valor de comercialização. E para verificar a eficácia dos equipamentos o teste com o uso do tetrazólio torna-se viável. O objetivo deste trabalho é obter um padrão de aplicação do sal tetrazólio para reconhecimento da qualidade da amêndoa de baru após a quebra do seu envoltório e conferir a eficácia do tetrazólio para identificar grão em condições adequadas para a comercialização in natura ou processadas. Para o estudo da metodologia do teste de tetrazólio para o baru, as sementes foram inicialmente escarificadas mecanicamente (atritadas em lixa comum). Após este processo foram imersas em água destilada em temperatura ambiente por 24 horas. Após esse período foram submersas em quatro concentrações de tetrazólio, sendo elas: 0,075%; 0,1%; 0,5% e 1% e expostas às temperaturas: 20° C, 35° C, 45° C e 55° C, e a cada período foram analisados e anotados os resultados, o tempo total para cada temperatura foi de 360 minutos. Após as análises foram encontrados quatro padrões distintos que são: sem cor; fraco; adequado; e, excessivo. Os resultados foram satisfatórios apenas para a temperatura de 55° C. Portanto, verificou a viabilidade do uso do tetrazólio em concentração 0,1% a 55°C para o tempo de exposição que varia de 180 a 360 min; em concentração de 0,5% a 55°C o tempo varia de 60 a 150 min, enquanto na concentração de 1%, utilizando a mesma temperatura, o tempo de exposição é limitado entre 60 e 90 min. para a qualificação das amêndoas.

Palavras-chave: análise; viabilidade; temperatura,


INTRODUÇÃO

O baru, árvore nativa do cerrado vem perdendo espaço, embora tenha forte potencial comercial, seja na indústria alimentícia, seja na fabricação de cosméticos, o reflorestamento utilizando-se desta planta não é o mais comum. Isso se deve a vários fatores e um deles é a dificuldade de retirar as sementes do envoltório. E a obtenção das mesmas é o primeiro desafio,

⁹ Engenheira Ambiental – Centro Universitário Araguaia – UniAraguaia.

¹⁰ Professor do curso de Engenharia Ambiental – Centro Universitário Araguaia – UniAraguaia.

¹¹ Professor, Doutor, Professor do Instituto Federal Goiano – Campus Morrinhos.




pois o mesmo é resistente e de difícil rompimento, e durante a quebra, ocorre um grande percentual de perda pelas avarias sofridas. É possível que esta semente tenha sido atacada por pragas, o que também compromete a eficiência no plantio ou no processamento das amêndoas.

Com o alto valor comercial e com técnicas mais eficazes para a seleção de sementes, o reflorestamento pode se tornar uma alternativa bastante viável para o produtor rural, independentemente do porte em que se enquadra, pois, além de aumentar a área com planta nativa, ainda pode retirar os frutos e por fim os mesmos podem ser comercializados. Conforme Sano (2004), a exploração do fruto pode ser um complemento para agricultura familiar, visto que trata-se de um produto com grande aceitação de mercado, e cada vez mais tem-se evidenciado suas qualidades nutricionais, além do que é possível produzir em sistemas agrosilvopastoris¹². Com essa técnica é possível a utilização de todos os produtos que a espécie é capaz de fornecer, pois a madeira pode ser utilizada dentro da própria propriedade, os frutos podem ser comercializados, as folhas por sua vez, ricas em nitrogênio e cálcio ao caírem repõem a matéria orgânica e demais nutrientes, trazendo benefícios as espécies com raízes profundas.

É importante incentivar o cultivar do baru para que não seja mais uma espécie a entrar para a lista de risco de extinção. O cerrado como um todo é muito rico em recursos, porém são pouco conhecidas, pois a vegetação não apresenta todo esplendor da Mata Atlântica, e por isso é tratado com descaso, mas a riqueza escondida por trás das árvores retorcidas e da beleza rústica e infinita e está se perdendo diante do descaso de carvoeiras que só enxergam como fonte de renda se for destruído e jogado num forno e transformado em carvão. No período de seca o baruzeiro é um forte aliado, pois tanto sua polpa e sementes são comestíveis, ricas em calorias e sais minerais, e quando ingeridas pelo gado serve como complemento alimentar, além dos bovinos, outros animais silvestres também aproveitam o fruto em sua alimentação, esse é o caso dos morcegos, macacos e alguns roedores, as abelhas são atraídas por suas flores, de onde retiram o néctar para a produção de mel, e em contra partida prestam um serviço essencial com a polinização, o que garante a manutenção da espécie de forma natural, isso é o que afirma Sano (2004). Fica cada vez mais evidenciado o poder econômico da planta do baru, bem como a necessidade diretamente proporcional de criar alternativas para a exploração sem comprometer os recursos naturais, e o reflorestamento vem de encontro a esse desafio trazendo a solução, ou seja, uma exploração controlada, sem comprometer as plantas nativas.

¹² Sistema que busca integrar lavouras, com espécies florestais e pastagens e outros espaços para os animais, considerando os aspectos paisagísticos e energéticos, na elaboração e manutenção destes policultivos



Um dos grandes obstáculos para a comercialização em larga escala do baru e seus derivados, e sua casca bastante espessa e resistente, e isso dificulta a quebra, o que geralmente é feita com maquinário improvisado, por isso perda da qualidade da semente por conta de avarias é grande, e isso faz com que o valor agregado ao produto caia de forma considerável. Então criar técnicas de quebra eficazes se torna um desafio necessário, e junto a isso metodologia para validar o uso de um determinado equipamento pode ser uma forma de evitar o desperdício e a diminuição do valor de venda do baru e seus produtos. O tetrazólio já é utilizado para a qualificação de outras sementes, como a de soja, por exemplo, porém não existe um estudo mais aprofundado para verificação de eficácia, nem quais são as condições ideais de temperatura, concentração e tempo de exposição para a utilização do recurso. O uso do tetrazólio é viável pois possibilita a análise de forma indireta e rápida a respeito da qualidade da semente, o ponto negativo refere-se a porcentagem de sementes dormentes e também sobre a contaminação de patógenos, conforme afirma Dias; Alves (2008).

Objetivo a ser alcançado é determinar as condições mais adequadas para a utilização o tetrazólio com variação de temperatura e concentração alinhado ao fator tempo, como indicador de qualidade da amêndoa. Verificar a viabilidade do uso do tetrazólio na qualificação das sementes de baru como forma de incentivar o agronegócio.

MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi realizado no laboratório de Química, Bioquímica e Análise da Água da Faculdade Araguaia – Unidade Bueno, Estado de Goiás. As sementes foram extraídas em Minas Gerais, nos municípios de São Francisco e Brasília de Minas. Os frutos foram coletados manualmente, os mesmos estavam maduros e naturalmente secos. Logo após a coleta os mesmos passaram pelo processo de quebra, que é feito de forma artesanal com auxílio de uma marreta na sequência armazenados em garrafas pet e colocadas em um galpão longe de umidade, luz direta e calor excessivo.

Os tratamentos consistiram em quatro concentrações de tetrazólio sendo elas: 0,075%; 0,1%; 0,5% e 1%, e quatro temperaturas 20°, 35°, 45° e 55°. As avaliações foram realizadas a cada 30 minutos, o período mais adequado para o desenvolvimento da coloração para cada solução de tetrazólio e temperatura de incubação. O tempo total de exposição foi de 360 minutos, sendo que a cada 30 minutos e as sementes foram retiradas três amostras de cada recipiente.

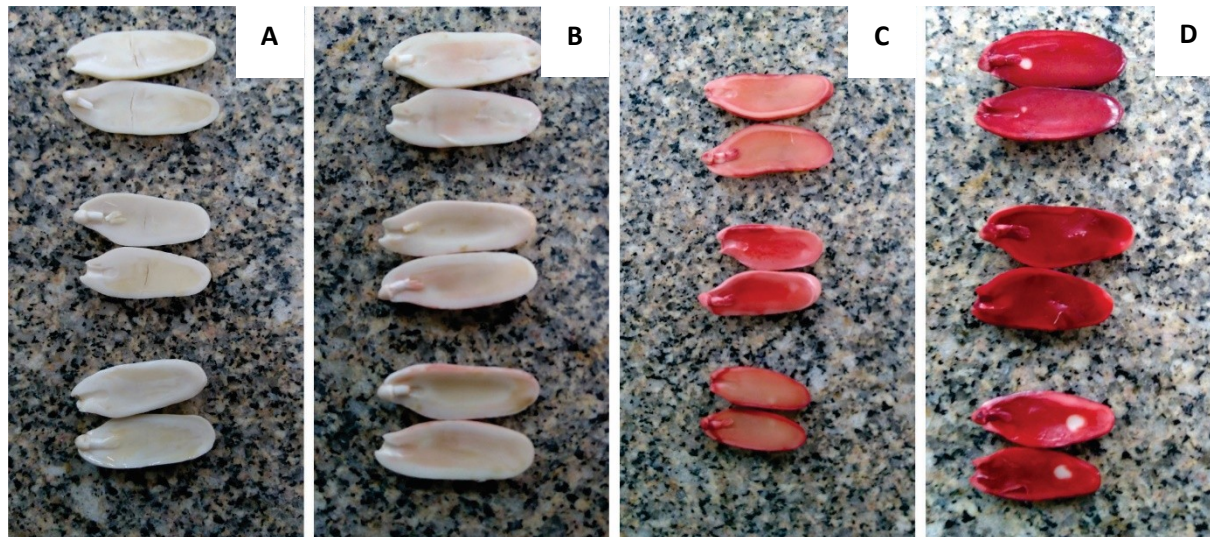
Para o estudo da metodologia do teste de tetrazólio para sementes de baru, as sementes foram inicialmente escarificadas mecanicamente (atritadas em lixa comum), após este processo foram imergidas em água destilada em temperatura ambiente por 24 horas.

Após o pré-acondicionamento e preparo das soluções, as sementes foram totalmente imersas em solução de tetrazólio em recipientes plásticos com capacidade de 200 mL. Para a simulação da temperatura os recipientes com a solução de tetrazólio e as sementes foram acondicionadas em estufa.


Após o período de embebeção na solução de tetrazólio, as sementes foram lavadas em água corrente, e com o auxílio de um estilete comum os cotilédones foram separados. As avaliações das sementes de baru foram realizadas por meio de fotografias digitais e verificação a olho nu, analisando a coloração das mesmas.

Para cada tratamento, avaliou-se o padrão de coloração apresentado pelas sementes: Ausência de coloração (sem cor); leve coloração da semente com tom de rosa, mais forte na extremidade da radícula (inicial); boa tonalidade (adequado); vermelho intenso (excessivo), Mendonça, (2006); Añes (2003). Padrões de coloração podem ser observados na Figura 1.

Figura 1 – Padrões de coloração obtidos pela imersão na solução do sal de tetrazólio



Na imagem A é possível observar que, mesmo depois de exposto a solução de tetrazólio a amêndoa não apresentou nenhuma coloração; na imagem B observa-se que o tetrazólio já iniciou o processo de reação, porém ainda é insuficiente para obtenção de resultados; na imagem C, a coloração é uniforme em tons mais claro de rosa, o que propicia a observação mais detalhada dos cotilédones e é possível verificar a presença ou não de tecidos mortos ou até



danos mecânicos; por fim, na imagem D temos exemplo de coloração excessiva, o que impede a observação da qualidade real da amêndoa.

RESULTADOS E DISCUSSÃO


Levando-se em consideração outros experimentos, as amêndoas ficaram em imersas em água destilada por 24 horas, isso depois da escarificação. Este processo é necessário para ativar o funcionamento do sistema enzimático que irá reagir com o tetrazólio possibilitando assim a coloração uniforme, conforme afirma Filho *et. al.* (1987). A eficiência do teste de tetrazólio depende da metodologia utilizada, o que varia de acordo com cada espécie. É preciso definir as condições mais adequadas para o processo de hidratação das sementes, preparo da solução, padrão de coloração bem como a avaliação final das sementes após imersão, conforme afirmação de Rezende *et. al.* (2015).

Após a realização dos testes em consonância ao método escolhido, os resultados se apresentaram satisfatórios apenas em temperatura elevada. Nas temperaturas iniciais os resultados foram negativos diante dos objetivos, o que não desqualifica o teste, apenas observa-se que as temperaturas indicadas são superiores a 50°C. Em espécies como a mangaba brava (*Lafoensia pacari St. Hil. – Lythraceae*), as temperaturas adequadas foram inferiores do que as utilizadas com as sementes do baru. Mendonça (2006), utilizou em seus testes as temperaturas de 30°, 35° e 40° C.

Na Tabela 1, é possível identificar todos os resultados alcançados nas variações de temperatura, concentração e tempo de exposição. Em temperatura de 20°C, houve apenas a coloração inicial para concentrações acima de 0,1%, porém a coloração não foi suficiente para identificar a qualidade da amêndoa após a quebra. Manter as sementes por período superior a 360 minutos nas concentrações indicadas não é eficiente, pois compromete a intenção de agilizar a aplicação do teste e obtenção de resultados.

Foi possível identificar sensível melhora nos resultados quando as amêndoas foram submetidas às mesmas concentrações, porém em temperatura superior, 35°C, mas ainda assim, não houve coloração adequada em nenhuma das retiradas. E novamente para a concentração de 0,075% os resultados foram todos negativos.

Para a temperatura de 45° C, os resultados foram mais satisfatórios, porém ainda insuficientes para classifica-los como positivos. Houve uma inconformidade no que se refere a coloração das sementes, em vários momentos foi observado que a coloração se concentrava em



apenas partes dos cotilédones, ou seja, não foi absorvido por toda a superfície da amêndoa. Repetindo o histórico das temperaturas inferiores, a menor concentração só apresentou alguma coloração, ainda insuficiente, apenas a partir de 120 minutos de exposição e se manteve neste patamar até o fim da imersão, aos 360 minutos.

Os resultados positivos só foram obtidos com a temperatura 55°C, já na segunda etapa da retirada das amêndoas com o tempo de 60 minutos. Foi possível observar uma coloração, na concentração superiores a 1%, o que anteriormente não havia sido observado, nas duas próximas retiradas, 60 e 90 minutos, respectivamente, o padrão adequado já pôde ser observado. Aos 90 minutos todas as demais concentrações já apresentaram o padrão de coloração Fraco, porém resultados melhores do que nas temperaturas anteriores. Para a concentração de 0,5%, de sal de tetrazólio o padrão adequado foi alcançado nas temperaturas de 60 até 210 minutos de exposição, enquanto para a concentração a 0,1% esse padrão foi observado no intervalo de 180 até os minutos finais, 360. Para a concentração de 0,075%, os resultados variaram de sem cor até fraco, mesmo na última retirada das amostras, o resultado para a coloração foi com padrão fraco. Dessa maneira ressalta-se a importância da avaliação eficaz da viabilidade de lotes de sementes, que possibilita a seleção para comercialização e semeadura, conforme afirmação de Rezende *et. al.* (2015).

Tabela 1 – Avaliação da coloração de sementes de *Dipteryx alata* Vog em função da concentração da solução, da temperatura e do período de exposição em solução de tetrazólio

Temperatura (°C)	Concentração (%)	Tempo de exposição (minutos)											
		30	60	90	120	150	180	210	240	270	300	330	360
20	0,075	sem cor	sem cor	sem cor	sem cor	sem cor	sem cor	sem cor	sem cor	sem cor	sem cor	sem cor	sem cor
	0,1	sem cor	sem cor	sem cor	sem cor	sem cor	sem cor	sem cor	sem cor	fraco	fraco	fraco	fraco
	0,5	sem cor	sem cor	sem cor	fraco	fraco	fraco	fraco	fraco	fraco	fraco	fraco	fraco
	1	sem cor	sem cor	sem cor	fraco	fraco	fraco	fraco	fraco	fraco	fraco	fraco	fraco
35	0,075	sem cor	sem cor	sem cor	sem cor	sem cor	sem cor	sem cor	sem cor	sem cor	sem cor	sem cor	sem cor
	0,1	sem cor	sem cor	sem cor	sem cor	sem cor	sem cor	fraco	fraco	fraco	fraco	fraco	fraco
	0,5	sem cor	sem cor	sem cor	Fraco	fraco	fraco	fraco	fraco	fraco	fraco	fraco	fraco
	1	sem cor	sem cor	fraco	Fraco	fraco	fraco	fraco	fraco	fraco	fraco	fraco	fraco
45	0,075	sem cor	sem cor	sem cor	sem cor	fraco	fraco	fraco	fraco	fraco	fraco	fraco	fraco
	0,1	sem cor	sem cor	fraco	Fraco	fraco	fraco	fraco	fraco	fraco	fraco	fraco	fraco
	0,5	sem cor	fraco	fraco	Fraco	fraco	fraco	fraco	fraco	***	***	***	***
	1	sem cor	fraco	fraco	Fraco	fraco	fraco	***	***	***	***	***	***
55	0,075	sem cor	sem cor	fraco	Fraco	fraco	fraco	fraco	fraco	fraco	fraco	fraco	fraco
	0,1	sem cor	sem cor	fraco	Fraco	fraco	<u>adequado</u>	<u>adequado</u>	<u>adequado</u>	<u>adequado</u>	<u>adequado</u>	<u>adequado</u>	<u>adequado</u>
	0,5	sem cor	<u>adequado</u>	<u>adequado</u>	<u>adequado</u>	<u>adequado</u>	excessivo	excessivo	excessivo	excessivo	excessivo	excessivo	excessivo
	1	fraco	<u>adequado</u>	<u>adequado</u>	excessivo	excessivo	excessivo	excessivo	excessivo	excessivo	excessivo	excessivo	excessivo

*** Rosa forte, porém de forma irregular

CONSIDERAÇÕES FINAIS

Diante dos resultados encontrados, percebe-se que o teste com o tetrazólio se mostra eficiente em temperatura de 55°C (temperaturas superiores não foram testadas). Nas concentrações de 1% e 0,5% os resultados adequados só foram obtidos após 60 minutos de imersão, sendo que para a primeira concentração a situação de excesso ocorreu a partir de 120 minutos, e para a segunda, o excessivo só surgiu a partir do tempo 240 minutos. Para a concentração de 0,1%, a situação adequada se apresentou a partir do minuto 180, sendo que até o final do tempo de exposição (360 minutos) se manteve nesta situação. Para a concentração de 0,075%, não houve resposta positiva em nenhuma etapa, inviabilizando assim o uso. Para as outras temperaturas testadas, 20° 34° e 45°C, os resultados não foram satisfatórios.

REFERÊNCIAS

AÑEZ, L.M.M. **Germinação de sementes e propagação “in vitro” de *Jatropha elliptica* Muell ARG (Euphorbiaceae)**. 2003. 79 f. Dissertação (Mestrado em Agricultura Tropical) – Faculdade de Agronomia e Medicina Veterinária – Universidade Federal do Mato Grosso.

BELOTI, Vanerli et al. **Frequência de bactérias não-redutoras de cloreto de 2,3,5-trifeniltetrazólio (TTC) em leite pasteurizado**. *Rev. Microbiol.* [online]. 1999, vol.30, n.2, pp.137-140. ISSN 0001-3714.

CANUTO, D. S. de O. **Sementes de baru (*Dipteryx alata* Vog.)**. Conexão Eletrônica, Três Lagoas, v. 12, n. 1, 2015.

CARVALHO, P.E.R. **Espécies arbóreas brasileira**. Embrapa Informação Tecnológica; Colombo, PR: Embrapa Floreta, 2003.

DIAS, Maria Cristina L. L.; ALVES, Sérgio José. **Avaliação da viabilidade de sementes de *Brachiaria brizantha* (Hochst. ex A. Rich) Stapf** pelo teste de tetrazólio. *Revista Brasileira de Sementes*, vol. 30, nº 3, p. 145-151, 2008.

FILHO, M, J.; CÍCERO, S.M.; SILVA, W.R. **Avaliação da qualidade das sementes**. Piracicaba: FEALQ, 1987. 230p.

INTITUTO BRASILEIRO DA GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA **Produção da Extração Vegetal e da Silvicultura 2013**. Disponível em: [ftp://ftp.ibge.gov.br/Producao_Agricola/Producao_da_Extracao_Vegetal_e_da_Silvicultura_\[anual\]/2013/comentarios.pdf](ftp://ftp.ibge.gov.br/Producao_Agricola/Producao_da_Extracao_Vegetal_e_da_Silvicultura_[anual]/2013/comentarios.pdf) . Acesso em fev. 2017.

MARTINS, Rosada de C. Cristo. **Germinação e Crescimento inicial de três espécies pioneiras do bioma cerrado no Distrito Federal, Brasil**. – Viçosa : UFV, 2004. Xii, 141f : il ; 29cm.

MENDONÇA, E.A.F; COELHO, M.F.B; LUCHESE, M. **Teste de tetrazólio em sementes de mangaba-brava (*Lafoensia pacari* St. Hil. - Lythraceae).** Rev. Bras. Pl. Med., Botucatu, v.8, n.2, p.33-38, 2006.

MOORE, R.P. **Tetrazolium staining for assessing seed quality.** In: HEYDECKER, W. ed. Seed ecology. London: Butterworth, 1973. p.347-366

NETO, França, J.B.; KRZYZANOWSKI, F.C.; COSTA, N.P. da. **O teste de tetrazólio em sementes de soja.** Londrina : EMBRAPA-CNPSO, 1998. 72p. (EMBRAPA-CNPSO. Documentos, 116).

OLIVEIRA, Ademir Kleber Morbeck de; SCHLEDER; Eloty Dias; FAVERO, Silvio. **Caracterização morfológica, viabilidade e vigor de sementes de *Tabebuia aurea* (Silva Manso) Benth. & Hook. f. ex. S. Moore.** Revista Árvore, Viçosa-MG, v.30, n.1, p.25-32, 2006

PINHO, L. de; MESQUITA, D. S. R.; SARMENTO, A. F.; FLÁVIO, E. F. **Enriquecimento de sorvete com amêndoa de baru (*Dipteryx Alata* Vogel) e aceitabilidade por consumidores.** Unimontes Científica, Montes Claros, v. 17, n. 1, p. 39-49, 2015.

REZENDE, R. G.; JESUS, L. L.; NERY, M. C.; ROCHA, CRUZ, S. M.; ANDRADE, P. C. R. **Teste de tetrazólio em sementes de crambe.** Semina: Ciências Agrárias, Londrina, v. 36, n. 4, p. 2539-2544, jul/ago. 2015.

RODRIGUES, A.P.M.S.; JÚNIOR, A. F. M.; TORRES, S. B; NOGUEIRA; N. W; FREITAS, R. M. O. **Teste de tetrazólio para avaliação da qualidade fisiológica de sementes de *Vigna unguiculata* (L.) Walp.** Revista Ciênc. Agron., v. 46, n. 3, p. 638-644, jul-set, 2015.

SANO, Sueli Matiko. **Baru: biologia e uso** / Sueli Matiko Sano, José Felipe Ribeiro, Márcia Aparecida de Brito. – Planaltina, DF : Embrapa Cerrados, 2004.

SANO, S.M.; VIVALDI, L.J.; SPEHAR, C.R. **Diversidade morfológica de frutos e sementes de baru (*Dipteryx a/ata* Vog.).** Pesquisa Agropecuária Brasileira, Brasília, v. 34, n. 14, p. 13-518, 1999.

CAPÍTULO 4

INTEGRAÇÃO LAVOURA-PECUÁRIA NO CERRADO: CARACTERIZAÇÃO FÍSICO-HÍDRICA DE UM LATOSSOLO VERMELHO

Mateus de Leles Lima¹³

João Carlos Medeiros¹⁴

Danilo Gomes de Oliveira¹⁵

Luis Fernando Stone¹⁶

Pedro Luiz Oliveira de Almeida Machado

Beáta Emöke Madari

RESUMO

A utilização de solos do Cerrado em sistemas de integração lavoura-pecuária tem provocado alterações de sua estrutura que, por sua vez, interfere nas propriedades físico-hídricas do solo. O estudo objetivou avaliar as mudanças nos atributos físico-hídricos de um Latossolo Vermelho de textura argila em sistemas de integração lavoura-pecuária. Os tratamentos consistiram em duas áreas de pastagem, uma com um ano e a outra com três anos de implantação do pasto. Como área de referência avaliou-se uma área de Cerrado nativo. A amostragem em cada uma das áreas seguiu um delineamento inteiramente casualizado, com cinco repetições. A densidade do solo, macro, micro e porosidade total, condutividade hidráulica saturada e a curva de retenção de água do solo foram afetadas pelos diferentes tipos de uso. A área sob floresta, por não ter sofrido influência antrópica, apresentou menores valores de densidade e resistência do solo à penetração, já os valores de macroporosidade, porosidade total e condutividade hidráulica foram maiores que nos sistemas estudados. O pisoteio animal, associado ao manejo do solo e tratos culturais, alterou os atributos físicos do solo, mas não em intensidade suficiente para serem classificados como degradados em função dos atributos medidos.

Palavras-chave: manejo do solo, pisoteio animal, física do solo, compactação.

INTRODUÇÃO


A integração lavoura-pecuária (ILP) por meio da sucessão entre pastagem e culturas de grãos vem se tornando uma alternativa para aumentar e diversificar a renda do produtor e melhorar a qualidade do solo, promovendo a recuperação e renovação de pastagens, permitindo o uso racional dos insumos e alterando alguns atributos físicos do solo como porosidade,

¹³ Doutorando em Agronomia, Professor do curso de Engenharia Ambiental – Centro Universitário Araguaia – UniAraguaia

¹⁴ Professor, Universidade Federal do Piauí, Campus Professora Cinobelina Elvas,

¹⁵ Bolsista; Embrapa Arroz e Feijão; Santo Antônio de Goiás, Goiás.

¹⁶ Pesquisador; Embrapa Arroz e Feijão; Santo Antônio de Goiás, Goiás.




velocidade de infiltração de água, densidade do solo, resistência do solo à penetração, entre outros (Schiavo e Colodro, 2012).

Um dos agentes da degradação de pastagens é o pisoteio animal causado quando altas lotações de animais são utilizadas, especialmente em períodos úmidos, sendo um dos grandes entraves à obtenção de elevadas produtividades das pastagens. Em solos argilosos isto se torna particularmente importante, pois eles são os mais sensíveis a esse problema. No entanto, o efeito do pisoteio animal sobre as propriedades físicas do solo é limitado às suas camadas mais superficiais, podendo ser temporário e reversível (Cassol, 2003). Devido à compactação na superfície do solo, por conseguinte a diminuição de sua porosidade, constata-se redução na infiltração de água no solo e consequente aumento no escoamento superficial.

A qualidade da superfície do solo tem influência direta na capacidade de infiltração de água, considerando esses como fatores condicionantes dos meios porosos que se relaciona com o movimento da água no solo e encrostamento superficial (Brandão et al., 2006). A taxa de infiltração de água no solo é considerada como um dos mais importantes atributos físico-hídricos do solo, pois integra várias características do solo em um único atributo, tais como: textura do solo, densidade e principalmente, a distribuição do tamanho e continuidade dos poros.

A formação estrutural do solo refere-se ao agrupamento das partículas do solo constituindo um ambiente dinâmico, cuja alteração determinará um novo comportamento dos processos que ocorrem no solo (Ferreira, 2010; Stefanoski et al., 2013). O espaço poroso é responsável de forma direta pelos processos de trocas que ocorrem no solo, principalmente, pelas trocas gasosas e transporte de água. Quando esses fenômenos de troca são prejudicados pela desestruturação do solo, pode haver limitação no desenvolvimento das plantas (Tormena et al., 1998). A deterioração da estrutura física do solo implica em condições desfavoráveis na sua estruturação, com formação de agregados pouco estáveis, interferindo na redução da porosidade, elevando a densidade (Islam e Weil, 2000; Nunes, 2003; Carvalho et al., 2004), e consequentemente, condicionando maior resistência à penetração de raízes (Martins et al., 2002; Carvalho et al., 2004). A infiltração, retenção e disponibilização de água às plantas está agregada à qualidade física do solo, permitindo as trocas de gases com a atmosfera e raízes de plantas e permite o crescimento das raízes (Ferreira et al., 2010).



Este trabalho teve como objetivo caracterizar os processos físico-hídricos de um Latossolo Vermelho no Cerrado num sistema de ILP, e comparar as alterações ocorridas pelo manejo com o solo de uma floresta preservada.


MATERIAL E MÉTODOS

O estudo foi realizado no campo experimental da Embrapa Arroz e Feijão, em Santo Antônio de Goiás-GO (16°29' S e 49°17' O). O clima da região é classificado como tropical de savana megatérmico (Aw), com duas estações bem definidas, uma chuvosa de outubro a abril e outra seca de maio a setembro (IBGE, 1978). A precipitação média anual dos últimos 30 anos foi de 1.500 mm (AGRITEMPO, 2019). O solo das áreas estudadas foi um Latossolo Vermelho acriférico típico de textura argila (EMBRAPA, 2013).

Foram avaliadas (tratamentos) duas áreas sob integração Lavoura-Pecuária (ILP) e uma área sob fragmento de vegetação nativa (VN), tomada como referência. As áreas sob ILP fazem parte de uma unidade de referência tecnológica, Unidades de Referência Tecnológica (URT) Santo Antônio de Goiás/GO, da Rede Integração Lavoura-Pecuária-Floresta da Embrapa (2010). Essa URT está composta de seis áreas com tamanhos entre 4,7 e 9,25 ha.

Antes da instalação do ILP, a partir de 1993, toda a área passou a ser cultivada com soja e braquiária (*Urochloa bryzantha*) de forma alternada até 1995, quando foi implantado o ILP com o estabelecimento das seis áreas e gradual introdução da rotação que permanece até o presente. A rotação atual foi consolidada entre 2000 e 2003 e a partir de 2004 todas as áreas seguem a mesma sequência de culturas: fase agricultura (2,5 anos) com soja (*Glycine max*), arroz de terras altas (*Oryza sativa*), feijão (*Phaseolus vulgaris*) irrigado no inverno e milho (*Zea mays*) em consórcio com capim braquiária (*Urochloa brizantha* cv Marandú); e fase pecuária (3,5 anos). Cada área encontra-se em uma diferente fase da rotação. Essa estrutura do experimento permite com que as diferentes fases da ILP sejam comparadas entre si diretamente e sob as mesmas condições edafoclimáticas. Desde a implementação da ILP, a semeadura direta prevaleceu na fase agricultura.

No presente trabalho, avaliaram-se as áreas 4 (P3) e 5 (P1) do ILP (Figura 1), de 7,50 e 8,12 ha, respectivamente. No ano de 2013, época das coletas de solo, as áreas avaliadas encontravam-se na fase pastagem do ILP, sendo que a P1 sob pastagem de um e a P3 sob pastagem de três anos de estabelecimento.



Utilizou-se o sistema de pastejo rotacionado. Os animais entravam e saíam das áreas quando a pastagem atingia a altura média de 70 e 30 cm, respectivamente, com lotação média de 7 unidades animal por ha.

A amostragem de solo foi realizada com cinco repetições. As amostras indeformadas foram coletadas utilizando-se cilindros volumétricos de 100 cm³ nas profundidades de 0 a 0,10; 0,10 a 0,20 e 0,20 a 0,40 m. Nestas amostras determinou-se a densidade do solo (Ds), macroporosidade (Ma), microporosidade (Mi), porosidade total (PT), condutividade hidráulica saturada (K_{sat}) e as curvas de retenção de água (CRA).

A Ma (m³ m⁻³) foi determinada em mesa de tensão com sucção a -6 kPa. A PT (m³ m⁻³) foi determinada pela diferença entre a massa do solo saturado e a massa do solo após a secagem em estufa a 105 °C por 48 h. A Mi (m³ m⁻³) foi calculada pela diferença entre PT e a Ma (Embrapa, 1997). A densidade do solo (g m⁻³) foi calculada pela razão da massa do solo seco e o volume do cilindro, utilizado para coletar as amostras indeformadas (Blake e Hartge, 1986). A condutividade hidráulica saturada foi obtida de acordo com o método da carga decrescente (Reynolds e Elrick, 2002).

Após a realização das medidas de K_{sat} as amostras foram subdivididas em oito grupos de três repetições e submetidas aos seguintes potenciais matriciais (ψ): 0, -6, -8, -10, -33, -60, -100 e -1500 kPa para determinar a CRA conforme Freitas Júnior e Silva, (1984) e ajustadas com o auxílio do programa Soil Water Retention Curve (Dourado Neto et al., 2001), utilizando-se o modelo proposto por van Genuchten (1980).

Após o ajuste das CRA com os valores de umidade gravimétricos, utilizaram-se os parâmetros empíricos do modelo de van Genuchten (1980) para o cálculo do índice S proposto por Dexter (2004a).

A resistência do solo à penetração (RP) foi medida utilizando-se um penetrômetro de impacto, conforme descrito em Stolf et al. (2014).

Os resultados foram submetidos à análise de variância pelo teste F ao nível de 5% de probabilidade. A relação entre atributos do solo foi interpretada a partir do coeficiente de correlação linear de Pearson e comparação de médias pelo teste t. Utilizou-se o procedimento GLM do pacote estatístico SAS 2.0 (2004).

RESULTADOS E DISCUSSÃO


Os atributos estudados não diferiram significativamente com o aumento da profundidade, para os três tratamentos (Tabela 1). A exceção foi a Ma no solo sob VN, que diminuiu em profundidade.

O conteúdo de água do solo na camada de 0-0,10 m foi menor para o solo com VN quando comparado aos tratamentos de ILP (Tabela 1), não havendo diferenças entre os tratamentos nas demais camadas. O menor conteúdo de água no solo da VN pode ser atribuído, à maior interceptação da água da chuva, à maior drenagem profunda, favorecida pela macroporosidade (Albuquerque et al. 2001), e principalmente, à maior evapotranspiração presente na mata. Argenton (2000) observou, em um mesmo tipo de solo, em profundidades até 0,20 m umidade volumétrica de $0,26 \text{ m}^3 \text{ m}^{-3}$ na floresta, onde foi menor quando comparada com os sistemas de preparo reduzido e convencional com umidades de $0,42 \text{ m}^3 \text{ m}^{-3}$.

Os menores valores de microporos e maiores valores de macroporos e porosidade total foram conferidos à área de VN (Tabela 1), na mesma comparação de profundidade. Estas diferenças se dão pela compactação do solo, pelo uso de máquinas e implementos, com a redução dos teores de matéria orgânica e menor estabilidade estrutural do solo (Aratani, 2008).

A Mi foi alterada com a mudança de uso do solo apenas na área superficial. Verifica-se que nessa camada da área de VN que a quantidade de microporos é menor quando comparados com as áreas de ILP (Tabela 1). Não se observou diferenças entre os valores de Mi nas camadas estudadas, com aumento em profundidade, em nenhum dos tratamentos (Tabela 1). Houve correlação negativa entre Mi e Ma (Tabela 2), atribui-se o aumento da Mi nos solos devido a ações antrópicas, está relacionado com o processo de compactação do solo, em que os macroporos são transformados em microporos.

Na Ma não se observa diferença entre as distintas fases da pastagem, entretanto, ambas tiveram redução comparando com o solo sob VN (Tabela 1). O aumento da Mi e redução da Ma indica processo de degradação da estrutura física do solo. Nesse processo, os macroporos são transformados em microporos pela compactação do solo, seja pelo pisoteio animal na fase da pastagem ou pelo tráfego de máquinas e implementos na fase de agricultura. Isto se justifica pelo fato de que os macroporos são mais sensíveis as mudanças impostas pelo manejo, fato também observado em um Latossolo Vermelho por Aratani (2008) e em um Nitossolo Vermelho por Albuquerque et al. (2001). No solo sob VN, a Ma diminuiu em profundidade, possivelmente devido ao maior acúmulo de matéria orgânica na camada superficial do solo.



A redução na Ma alterou os valores da PT do solo, apresentando menores valores nos solos sob ILP quando comparado à VN. A PT não diferiu entre as três camadas estudadas, para os três tratamentos, em geral, observa-se que é maior nas camadas superficiais. Este fato pode ser relacionado com o maior conteúdo de carbono e atividade biológica existente naturalmente nesta camada. Estas diferenças mostram a estreita relação entre a intensidade de uso do solo e sua degradação física, ou seja, quanto maior intensidade de uso, maior a compactação, conforme apresentado por Beutler et al. (2001), Secco et al. (2004) e Araújo et al. (2007).

Na média das profundidades, a Ma no sistema com VN foi aproximadamente 50% superior a dos solos de P1 e P3 (Tabela 1). A Ma na primeira camada foi de $0,12 \text{ m}^3 \text{ m}^{-3}$ no tratamento P1 e de $0,10 \text{ m}^3 \text{ m}^{-3}$ no P3, enquanto na VN ela foi de $0,27 \text{ m}^3 \text{ m}^{-3}$.

A redução da PT nos solos em sistema ILP gerou aumento nos valores da Ds nas duas pastagens (Tabela 1). Valores semelhantes foram encontrados em Latossolos do Cerrado sob sistemas agropastoris por Tormena et al. (1999) e Marchão et al. (2007). O aumento excessivo da Ds provoca redução da permeabilidade e da infiltração de água e aumento da RP, ocasionando prejuízos e comprometendo a qualidade física do solo (Jakelaitis et al., 2008), sendo um dos principais atributos que influenciam a qualidade física do solo com diferentes níveis de degradação em pastagens (Pignataro Netto et al., 2009).

As alterações na Ds refletiram em aumento na RP. Analisando-se os valores de umidade no momento dos testes de RP (Tabela 1) e as CRA (Figura 3), verifica-se que, mesmo em condição de umidade do solo próximo à capacidade de campo, os valores de RP ficaram acima do valor crítico de 2 MPa, que é considerado como limite máximo para o bom desenvolvimento das culturas (Silva et al., 1994; Tormena et al., 1998).

Verificou-se correlação negativa entre Ma e PT (Tabela 4), que é explicada pela compactação provocada pelo intenso tráfego de máquinas e pelo pisoteio animal que ocasionou a redução do espaço poroso (Figura 1). Camadas compactadas promovem alterações na qualidade física do solo, reduzindo as trocas gasosas e a infiltração da água no solo, circunstância que pode reduzir a produtividade das culturas (Albuquerque et al., 2001).

Maiores valores de RP foram encontrados nos solos utilizados com ILP quando comparados com os da VN (Tabela 1). Esse resultado deve-se, principalmente, ao histórico de manejo da área, onde a semeadura direta foi adotada por vários anos consecutivos, sem nenhum tipo de operação mecânica para reduzir a compactação do solo. Salire et al. (1994) afirmam que a compactação abaixo da camada arável é função da carga excessiva de maquinários e a

compactação em superfície é causada pela pressão dos pneus. Silva et al. (2005), trabalhando em uma área sob plantio direto por 15 anos, observou valores de RP variando de 2,8 a 4,4 MPa na camada de 0 - 0,60 m.


A RP apresentou correlação positiva com a Ds (Tabela 2). Segundo Cintra e Mielniczuk (1983), a redução da Ma e o aumento da Ds contribuem para maior RP, porém a capacidade de penetração das raízes nas camadas compactadas do solo pode variar com o tipo de cultura utilizada. Em geral, observa-se redução na PT e aumento da Ds nas áreas utilizadas com ILP em relação à condição de cerrado nativo, independentemente da profundidade considerada. Estudos mostram que depois de cessada a mobilização do solo com preparo convencional, inicia-se um processo de compactação do solo pelo rearranjo das partículas, acarretando no aumento da Ds e conseguinte incremento dos valores da RP (Silva et al., 2005; Spera et al., 2012; Schiavo e Colodro, 2012).

A K_{sat} no ILP foi 20 vezes menor do que na VN, atribuído à diminuição dos macroporos (Figura 2), os quais são responsáveis pela drenagem da água (Silva et al., 1986). Observa-se que, quando a Ma encontra-se em $0,06 \text{ m}^3 \text{ m}^{-3}$, a K_{sat} será nula (Figura 2). Deve-se considerar que o solo avaliado apresenta textura argilosa, já em solos de textura arenosa, essa relação pode não ser verificada, pois eles apresentam elevado volume de macroporos, mesmo quando compactados (Trein et al., 1991).

As curvas de retenção de água no solo nas três camadas estudadas, para os diferentes tratamentos, são apresentadas na Figura 3. Verifica-se que na primeira camada, principalmente para os tratamentos sob ILP, há maior quantidade de água retida pelo solo. Isto se deve, principalmente, a maior quantidade de M_i nessa camada de solo e maior compactação na camada inferior, conseqüentemente, uma menor K_{sat} (Tabela 1).

Figueiredo et al., (2009), caracterizando um Latossolo do Cerrado em diferentes tipos de manejo aponta que a baixa capacidade de retenção de água no solo sob cerrado nativo se deve à menor Ds, conferindo maior PT e Ma, influenciando positivamente a K_{sat} e a infiltração da água no perfil do solo.

Comparando as CRA observa-se que as alterações em função da mudança de uso do solo, ocorreram com maior magnitude na camada superficial do solo. Nessa camada verifica-se redução dos poros de maior diâmetro (próximo à saturação) e aumento dos menores poros, poros de retenção de água (próximo ao ponto de murcha permanente). Nas demais camadas de solo estudadas, as diferenças foram menos pronunciadas (Figura 3). Além disso, verifica-se que



nas camadas de solo mais profundas, as diferenças entre as CRA do ILP e da VN, mesmo nos pontos de maior umidade, são pouco pronunciadas (Figura 3).

Para os valores no ponto de inflexão da CRA (índice S), indicador de qualidade da estrutura do solo, proposto por Dexter (2004b), os solos estudados apresentam, em sua grande maioria, uma boa qualidade estrutural ($S > 0,035$). Entretanto, a camada superficial do solo no ILP de 1º ano foi classificada como ruim, com valores de S igual a 0,031. Além disso, verifica-se que a pastagem de 3º ano apresenta maior valor de S em relação à pastagem de 1º ano (Figura 3). Esses resultados podem ser explicados pela capacidade de recuperação da estrutura do solo na fase da pastagem, ou seja, a fase de lavoura degrada a estrutura do solo com maior intensidade do que a fase da pastagem, principalmente pelo tráfego de máquinas e implementos agrícolas. Já o solo sob mata apresentou classificação muito bom segundo os critérios propostos por Dexter (2004b).

CONCLUSÃO

O manejo do solo de forma intensiva no sistema de ILP provoca modificações dos atributos físicos do solo, evidenciado pelo aumento da Ds e RP e redução da Ma e PT observado nas áreas com diferentes fases da pastagem.

A maior capacidade de retenção de água em ILP observado na CRA está relacionada à compactação do solo que resultou no aumento de Mi e redução da condutividade saturada de água.

Embora o solo sob ILP, de modo geral, apresente qualidade física inferior ao solo sob vegetação natural de Cerrado, sua estrutura não é degradada a níveis considerados críticos para o desenvolvimento das culturas.

A fase pastagem dentro da rotação do ILP tem papel importante na manutenção da qualidade física do solo, o que foi evidenciado pela evolução nas propriedades físicas do solo e índice S do 1º ano da pastagem após a fase agricultura até seu 3º ano de desenvolvimento.

AGRADECIMENTOS

O trabalho obteve fomento do CNPq (562.601/2010-4), Embrapa (02.11.05.001) e FAPEG/CNPq-Pronex para o desenvolvimento do experimento e do convênio

CAPES/Embrapa e CAPES/CNPq na forma de bolsas de mestrado, doutorado e pós-doutorado. B.E.M. é bolsista de produtividade em PQ do CNPq (306 912/2011-2).

REFERÊNCIAS

AGRITEMPO (2019). **Sistema de Monitoramento Agrometeorológico**. Embrapa Informática Agropecuária, <http://www.agritempo.gov.br/index.php>. Acessado em 30 Acesso em: 29 Jan. 2019.

ALBUQUERQUE J.A.; SANGOI. L.; ENDER. M. Efeitos da integração lavoura pecuária nas propriedades físicas do solo e características da cultura do milho. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v.25, p.717-723, 2001.

ARATANI, R. G. **Qualidade física e química do solo sob diferentes manejos e condições edafoclimáticas no estado de São Paulo**. 2008. 112p. Tese (Doutorado). Universidade Estadual Paulista, São Paulo.

ARAÚJO R.; WENCESLAU. J. GOEDERT. W. J.; LACERDA. M. P. C. Qualidade de um solo sob diferentes usos e sob cerrado nativo. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v.31, p.1099-1108, 2007.

ARGENTON. J. **Propriedades físicas do solo em dois sistemas de cultivo com plantas de cobertura de verão intercalares à cultura do milho**. 2000. 97p. Dissertação (Mestrado) - Universidade do estado de Santa Catarina, Lages.

BEUTLER. A.N.; SILVA. M.L.N.; CURTI. N.; FERREIRA. M.M.; CRUZ. J.C. e PEREIRA FILHO. I.A. Resistência à penetração e permeabilidade de Latossolo Vermelho distrófico típico sob sistemas de manejo na região dos cerrados. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, V.25, p.167-177, 2001.

BLAKE. G.R. e HARTGE. K.H. Bulk density. In: KLUTE. A. **Methods of soil analysis – physical and mineralogical methods**. 2 ed. Madison. p.363-375. 1986.

BRANDÃO. V.S.; CECILIO. R.A.; PRUSKI. F. F.; SILVA. D.D. **Infiltração da água no solo**. 3.ed. Viçosa: UFV, 2006. 120p.

CARVALHO. R.; GOEDERT. W.J.; ARMANDO. M.S. Atributos físicos da qualidade de um solo sob sistema agroflorestal. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v.39, p.1153-1155, 2004.

CASSOL. L.C. **Relações solo-planta-animal num sistema de integração lavoura-pecuária em semeadura direta com calcário na superfície**. 2003. 143p. Tese (Doutorado) - Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre.

CINTRA. F.L.D. e MIELNICZUK. J. Potencial de algumas espécies vegetais para a recuperação de solos com propriedades físicas degradadas. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v.7, p.197-201, 1983.

DEXTER. A.R. Soil physical quality. Part I. Theory. effects of soil texture. density. and organic matter. and effects on root growth. **Geoderma. Amsterdam**. v.120, p.201-214, 2004a.

DEXTER A.R. Soil physical quality: Part III. Unsaturated hydraulic conductivity and general conclusions about S-theory. **Geoderma. Amsterdam**, v.120, p.227-239, 2004b.

DOURADO NETO. D.; NIELSEN. D. R.; HOPMANS. J. W.; REICHARDT. K.; BACCHI. O. O. S.; LOPES. P. P. **Programa para confecção da curva de retenção de água no solo. modelo Van Genuchten. Soil Water Retention Curve. SWRC (version 3.00 beta)**. Piracicaba: Universidade de São Paulo. 2001.

EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA. Sistema brasileiro de classificação de solos. 3º ed. Brasília, DF, 2013. 353p.

EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA. **Manual de Métodos de Análise de Solo**. 2.ed. Rio de Janeiro: EMBRAPA. 1997. 212p.

EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA. Centro Nacional de Pesquisa de Arroz e Feijão. **Descrição Morfológica de Perfis de Solos da Fazenda Capivara da Embrapa Arroz e Feijão**. 1.ed. Santo Antônio de Goiás: EMBRAPA. 2010. 51p.

FERREIRA, M. M. **Caracterização física do solo**. In: LIER, Q. J. VAN (ed.). Física do solo. Viçosa: Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, p.1-27, 2010.

FERREIRA, R. R. M.; TAVARES FILHO, J.; FERREIRA, V. M.. Efeitos de sistemas de manejo de pastagens nas propriedades físicas do solo. **Semina: Ciências Agrárias**, v.31, p. 913-932, 2010.

FREITAS JÚNIOR. E.; SILVA. E.M. Uso da centrífuga para a determinação da curva de retenção de água do solo. em uma única operação. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v.19, p.1423-1428, 1984.

IBGE. **Climas do Brasil**. Disponível em: http://www.ibge.gov.br/home/geociencia/default_prod.shtm. Acesso em: 12 abr. 2013.

ISLAM. K.R.; WEIL. R.R. Land use effects on soil quality in a tropical forest ecosystem of Bangladesh. **Agriculture Ecosystems and Environment**, v.79, p.9-16, 2000.

JAKELAITIS. A.; SILVA. A. A.; SANTOS. J. B.; VIVIAN. R. Qualidade da camada superficial de solo sob mata. pastagens e áreas cultivadas. **Pesquisa Agropecuária Tropical**, v.38, p.118-127, 2008.

MARCHÃO R. L.; BALBINO L. C.; SILVA E. M.; SANTOS JR. J. D. G.; SÁ M. A. C.; VILELA L.; BECQUER T. Qualidade física de um Latossolo Vermelho sob sistemas de integração lavoura-pecuária no Cerrado. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v.42, p.873-882, 2007.

MARTINS. S.G; SILVA. M.L.N; CURI. N; FERREIRA. M.M. Avaliação de atributos de um Latossolo Vermelho distroférico sob diferentes povoamentos florestais. **Cerne**, v.8, p.32-41, 2002.

NUNES. L.A.P.L. **Qualidade de um solo cultivado com café e sob mata secundária no Município de Viçosa-MG**. 102p. 2003. Tese (Doutorado) – Universidade Federal de Viçosa, Viçosa.

PIGNATARO NETTO. I. T.; KATO. E.; GOEDERT. W. J. Atributos físicos e químicos de um latossolo vermelho-amarelo sob pastagem com diferentes históricos de uso. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v.33, p.1441-1448, 2009.

REYNOLDS. W.D.; ELRICK. D.E. **Falling head soil core (tank) method**. In: DANE. J.H.; TOPP. G.C. *Methods of soil analysis*. 3rd ed. Madison: SSSA. p.809-812. 2002.

SALIRE. E.V.; HAMMEL. J.E. e HARDCASTLE. J.H. Compression of intact subsoils under short-duration loading. **Soil & Tillage Research**, v.31, p.235-248, 1994.

SECCO. D.; REINERT. D.J.; REICHERT. J.M. e DA ROS. C.O. Produtividade de soja e propriedades físicas de um Latossolo submetido a sistemas de manejo e compactação. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v.28, p.797-804, 2004.

SILVA. A.P.; KAY. B.D.; PERFECT. E. Characterization of the least limiting water range of soils. [Soil Science Society of America Journal](#), v.58, p.1775-1781, 1994.

SILVA. R. R.; SILVA. M. L. N.; FERREIRA. M. M. Atributos físicos indicadores da qualidade do solo sob sistemas de manejo na bacia do alto do Rio Grande - MG. **Ciência agrotecnologia**, v.29, p.719-730, 2005.

SPERA. S.T.; SANTOS. H.P.; FONTANELI. R.S.; GEIZON DREON. G. Efeito de sistemas de integração lavoura-pecuária sob plantio direto em alguns atributos físicos do solo. **Revista Brasileira Ciência Agrária Recife**, v.7, p.388-393, 2012.

STEFANOSKI, D.C.; SANTOS, G.G.; MARCHÃO, R.L.; PETTER, F.A.; PACHECO, L.P. Uso e manejo do solo e seus impactos sobre a qualidade física. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v.17, p.1301-1309, 2013.

STOLF, R.; MURAKAMI, J.H.; BRUGNARO, C.; SILVA, L.G.; SILVA, L.C.F.;

MARGARIDO, L.A.C. Penetrômetro de impacto Stolf – Programa Computacional de dados em EXCEL. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v.38, p.774-782, 2014.

TORMENA. C.A.; SILVA. A.P. e LIBARDI. P.L. Caracterização do intervalo hídrico ótimo de um Latossolo Roxo sob plantio direto. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v.22, p.573-581, 1998.

TREIN. C.R.; COGO. N.P. e LEVIEN. R. Métodos de preparo do solo na cultura do milho e ressemeadura do trevo. na rotação aveia + trevo/milho. após pastejo intensivo. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v.15, p.105-111, 1991.

van GENUCHTEN. M.T. A Closed-form equation for predicting the hydraulic conductivity of unsaturated soils. **Soil Science Society of America Journal**, v.44, p.892-898, 1980.

Tabela 1. Propriedades físico-hídricas de um Latossolo Vermelho argiloso em sistema de integração lavoura-pecuária no Cerrado, Santo Antônio de Goiás, GO.

Profundidade <i>cm</i>	K_{sat} <i>mm h⁻¹</i>	Ma -----	Mi <i>m³ m⁻³</i> -----	PT	Ds <i>Mg m⁻³</i>	RP <i>MPa</i>	θ <i>m³ m⁻³</i>
Vegetação Nativa							
0 - 0,10	308,14 Aa	0,27 Aa	0,28 Ba	0,55 Aa	1,00 Ba	0,58 Ba	0,29 Ba
0,10 - 0,20	114,33 Aa	0,21 Aab	0,32 Aa	0,53 Aa	1,11 Ba	0,74 Ba	0,30 Aa
0,20 - 0,40	284,68 Aa	0,18 Ab	0,33 Aa	0,52 Aa	1,15 Ba	1,04 Ba	0,30 Aa
Área de pasto no 1º ano							
0 - 0,10	16,04 Ba	0,12 Ba	0,39 Aa	0,51 ABa	1,33 Aa	2,51 Aa	0,36 Aa
0,10 - 0,20	6,36 Ba	0,12 Ba	0,37 Aa	0,49 Ba	1,35 Aa	2,83 Aa	0,34 Aa
0,20 - 0,40	7,14 Ba	0,09 Ba	0,38 Aa	0,47 ABa	1,36 Aa	2,42 Aa	0,35 Aa
Área de pasto no 3º ano							
0 - 0,10	30,06 Ba	0,10 Ba	0,37 Aa	0,47 Ba	1,38 Aa	2,67 Aa	0,35 Aa
0,10 - 0,20	5,38 Ba	0,12 Ba	0,35 Aa	0,46 Ba	1,39 Aa	3,15 Aa	0,32 Aa
0,20 - 0,40	22,41 Ba	0,11 ABa	0,34 Aa	0,45 Ba	1,36 Aa	2,98 Aa	0,31 Aa

K_{sat}: condutividade Hidráulica; Ma: macroporosidade; Mi: microporosidade; PT: porosidade total; Ds: densidade do solo; RP: resistência à penetração; θ: umidade volumétrica. Nas colunas, médias seguidas pela mesma letra maiúscula não diferem entre os tratamentos em uma mesma profundidade e as seguidas por letra minúscula não diferem entre as profundidades de um mesmo tratamento, pelo teste t a 5% de probabilidade.

Tabela 2. Correlação de Pearson para as propriedades físicas de um Latossolo Vermelho acriférico argiloso em sistema de integração lavoura-pecuária no Cerrado, Santo Antônio de Goiás, GO.

	K_{sat}	Ma	Mi	PT	Ds
Ma	0,548*				
Mi	-0,398*	-0,850*			
PT	0,519*	0,811*	-0,389*		
Ds	-0,596*	-0,909*	0,775*	-0,735*	
RP	-0,616*	-0,674*	0,447*	-0,656*	0,713*

K_{sat}:condutividade hidráulica saturada; Ds: densidade do solo; RP: resistência à penetração; Ma: macroporosidade; Mi: microporosidade; PT: porosidade total, * significativo a 5% de probabilidade.

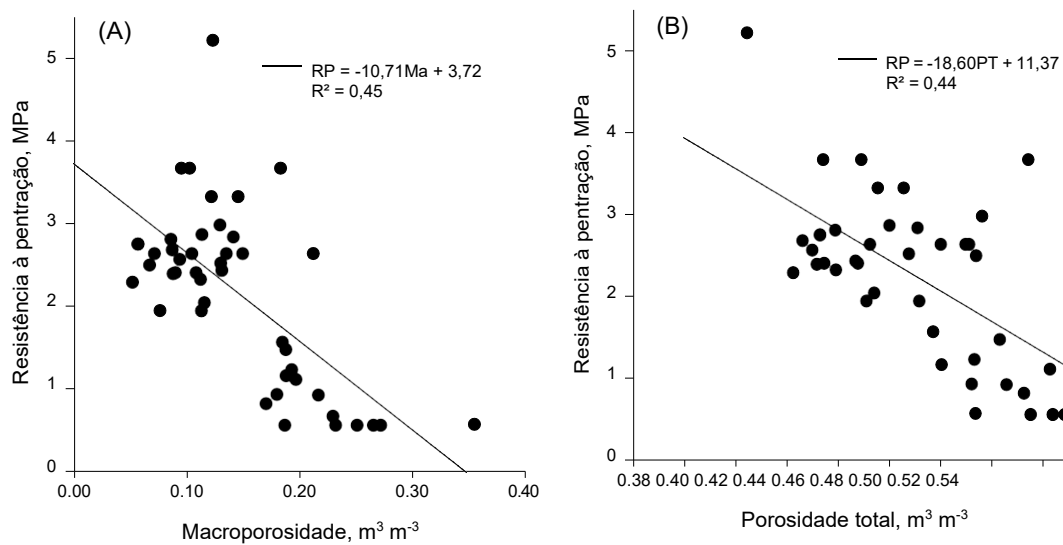


Figura 1. Relação entre resistência à penetração e macroporosidade (A) e resistência à penetração e porosidade total (B) de um Latossolo Vermelho acriférico de textura argila em sistema integração Lavoura-Pecuária no Cerrado, Santo Antônio de Goiás, GO.

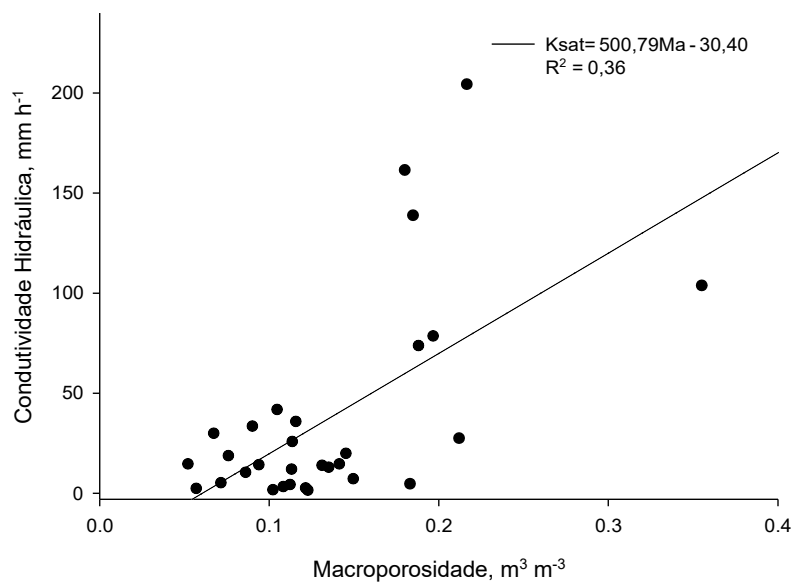


Figura 2. Relação entre condutividade hidráulica saturada e macroporosidade de um Latossolo Vermelho argiloso em sistema de integração lavoura-pecuária no Cerrado, Santo Antônio de Goiás, GO.

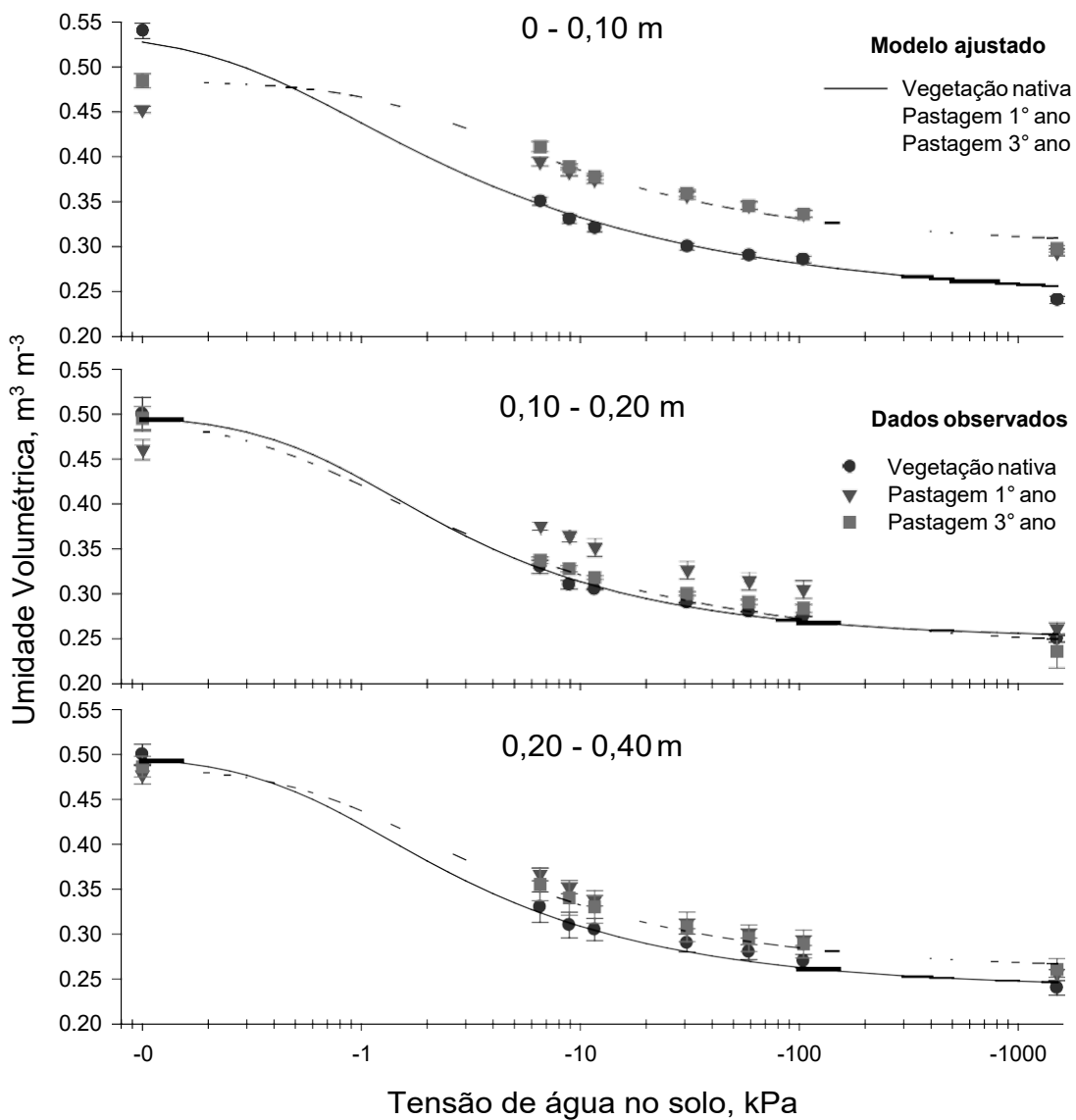


Figura 3. Curva de retenção de água no solo em três camadas do Latossolo Vermelho acriférico típico sob vegetação nativa e pastagem no 1º e 3º ano em sistema de integração lavoura-pecuária em Santo Antônio de Goiás, GO.

CAPÍTULO 5

O CAMINHO DA EDUCAÇÃO AMBIENTAL

Andréia Gonçalves nascimento¹⁷
Ivna Olimpio Lauria¹⁸
Rita de Cássia Del Bianco¹⁹

RESUMO

Durante décadas os seres humanos vêm devastando o meio ambiente, em busca de conforto, desenvolvimento e dinheiro, no princípio a natureza conseguia se reestabelecer, mas com o aumento gradativo da população a situação também foi gradativamente se tornando mais ameaçadora. O mundo vive um momento onde é preciso repensar certos conceitos e atitudes, por isso, se faz necessário que a Educação Ambiental seja promovida desde a alfabetização para que as crianças já cresçam conscientes da necessidade de ações sustentáveis para a salvação e continuação do planeta terra. As leis brasileiras voltadas para o meio ambiente, apesar de serem as mais bem elaboradas do mundo, precisam de mais fiscalização e rigor para que sejam eficazes e satisfatórias. O presente artigo tem como objetivo discutir a educação ambiental, a sustentabilidade e o que a nossa legislação e a inovação e tecnologia tem trazido para auxiliar na divulgação destes conceitos, na sua aplicação prática e nas tomadas de ação.

Palavras-chave: Educação Ambiental; Desenvolvimento Sustentável; Legislação.


Sabendo que o meio ambiente contribui em grande escala para a qualidade de vida, é preciso melhorá-lo e assim conseqüentemente, melhorar a qualidade de vida através de uma Educação Ambiental voltada para adultos, jovens e crianças.

É conhecido que para se ter qualidade de vida é preciso estar em um meio ambiente agradável, cuidar do seu bem-estar, físico, psicológico e emocional. E tendo o conhecimento de que este, é um processo que deve começar desde “cedo”, é importante que se desenvolva, a partir das salas de aula de Educação Fundamental, ações que possam conduzir as crianças à importantes conhecimentos, que as deixem cientes de que, para se obter qualidade de vida é necessário mudar nossas atitudes em relação a inúmeros comportamentos, entre eles, o nosso modo de viver e a conscientização em relação ao meio ambiente. Para que isso funcione, é

¹⁷ Engenheira Ambiental – Centro Universitário Araguaia – UniAraguaia.

¹⁸ Professora do curso de Engenharia Ambiental – Centro Universitário Araguaia – UniAraguaia.

¹⁹ Diretora Pedagógica do Centro Universitário Araguaia – UniAraguaia.



preciso que a sociedade seja conscientizada e preparada para promover comportamentos e ações que sejam portadores de uma cultura voltada para a sustentabilidade.

Sendo a criança “um ser em construção” é conveniente estimular atitudes positivas, ouvir suas ideias, levá-las a percepção de problemas e incentivá-las a buscar soluções para resolverem determinadas situações, e assim preparar novas gerações para um futuro viável através de gerações conscientes de que o uso sustentável de recursos renováveis é possível e indispensável para a sobrevivência do nosso planeta. As boas ideias sobre a sustentabilidade influenciam a sociedade nas mais variadas áreas de atuação, reestrutura a área ambiental, social e turística, transformando ambientes e proporcionando maior qualidade de vida.


Estimular discussões e criar espaços para a Educação Ambiental devem se fazer presente. Os estabelecimentos de Ensino Fundamental da primeira etapa, são “veículos” de extrema importância, pois quanto mais cedo as crianças adquirirem a consciência da necessidade dessas mudanças ambientais, melhor será. O uso de tecnologias para o meio ambiente, aplicativos aliados à prática auxilia o ensino. O trabalho deverá ser feito de maneira interdisciplinar e transversal mostrando que o meio ambiente, não é apenas a preservação do verde, do solo e dos animais. É preciso uma visão do todo, de forma clara e objetiva, numa linguagem apropriada a região e a cada faixa etária.

Segundo Magnólio (2003), tratar os temas ambientais com alegria, com motivação, com esperança na mudança de atitude diante dos problemas socioambientais, despertam nossa vontade de transformação da realidade. Uma das citações mais interessantes para explicar o trabalho de educação ambiental e seu alcance é também, deste mesmo autor, “e assim é a educação Ambiental. Depois que você a aprende, tudo passa a ser conteúdo de Educação Ambiental. Como andar de bicicleta! Depois que você aprende nunca mais esquece”.

A citação acima, só vem reforçar o que já é de conhecimento de todos, que aquilo que se aprende de forma significativa e prazerosa, pode se tornar hábito e jamais será esquecido.

O caminho da Educação Ambiental

A Educação ambiental veio para contribuir, fortalecer e aprofundar as oportunidades de inclusão social na educação, assim como o crescimento sustentável ambientalmente justo, na busca de uma sociedade com mais igualdade, mais compassiva e solidária. A Educação Ambiental vem se estruturando com o intuito de formar sujeitos capazes de perceber que são partes do meio ambiente e coparticipantes conscientes e responsáveis para a melhoria e



conservação do meio em que vivem, para que assim haja uma melhor qualidade de vida aliada a sustentabilidade.

Conforme aponta Marques & Pinheiro (2008):


A Educação Ambiental é ferramenta de educação para o desenvolvimento sustentável. Ela busca estabelecer uma nova aliança entre a humanidade e a natureza, desenvolver uma nova razão que não seja sinônimo de autodestruição, exigindo o componente ético nas relações econômicas, políticas e sociais. Portanto, o papel da Educação Ambiental é fundamental para a efetiva mudança de atitudes, comportamentos e procedimentos (MARQUES & PINHEIRO, 2008, p. 4)

É do conhecimento geral que a educação é capaz de mudar o mundo e sendo a Educação Ambiental uma importante ferramenta, é preciso então aliar-se a ela para que haja uma conscientização das crianças e para que se tenha um mundo mais harmonioso e voltado para ações sustentáveis.

Os primeiros registros do termo “Educação Ambiental”, são do ano de 1948, em um encontro da União Internacional visando a Conservação da Natureza (UICN) em Paris, mas foi somente em 1972 na Conferência de Estocolmo, que contou com a participação de 113 países, que os rumos da Educação Ambiental começaram a ser realmente definidos. Na verdade, uma crise econômica e energética no ano de 1970, despertou o interesse no tema. No ano de 1975, lançou-se em Belgrado (na então Iugoslávia) o Programa Internacional de Educação Ambiental, no qual são definidos os princípios e orientações para o futuro. Nessa ocasião redige-se a Carta de Belgrado, assinada pelos representantes de 65 países (JACOBI, 2005, p. 241).

Em 1977, aconteceu em Tbilisi, na Georgia (ex-União Soviética), a Conferência Intergovernamental sobre Educação Ambiental, esta organização se deu em parceria entre a Unesco e o recente Programa de Meio Ambiente da ONU (Pnuma), e foi deste encontro que saíram as definições, objetivos, princípios e as estratégias para a Educação Ambiental, os quais são utilizados até os dias de hoje no mundo todo (ALENCAR, 2012, p. 1).

A terceira Conferência Internacional sobre Educação Ambiental aconteceu em 1987, em Moscou na ex-URSS (União Soviética), reuniu educadores ambientais de 100 países, esse encontro reforçou tudo que foi discutido em Tbilisi, que estabelece que a educação ambiental deverá formar indivíduos, desenvolver habilidades e disseminar valores e princípios que permitissem à sociedade elaborar propostas para a solução dos problemas ambientais (RIBEIRO, 2015, p. 52).




O Tratado de Educação Ambiental para Sociedades Sustentáveis e Responsabilidade Global é outro documento importante, elaborado pela sociedade civil planetária em 1992 no Fórum Global, durante a Conferência das Nações Unidas sobre Meio Ambiente e Desenvolvimento (Rio 92), o mesmo estabelece princípios fundamentais da educação para sociedades sustentáveis, destacando a necessidade de formação de pensamentos críticos, coletivo e solidário, de interdisciplinaridade, de multiplicidade e diversidade, estabelece relações entre as políticas públicas de EA e a sustentabilidade, apontando princípios e um plano de ação para educadores ambientais (HENRIQUES, TRAJBER, MELLO, LIPAI, & CHAMUSCA, 2007, p. 31).

De acordo com ARAÚJO (2015), os processos participativos voltados para a recuperação, conservação e melhoria do meio ambiente e da qualidade de vida. O Tratado reconhece a Educação Ambiental como um processo político, que está em constante construção, orientado por valores baseados na transformação social. A Rio 92 foi um importante encontro relacionado ao meio ambiente e a educação ambiental, uma vez que contou com a participação de 170 países.

Ainda após a Rio 92, em matéria de educação ambiental, destacou-se: "Congresso Sulamericano continuidade Eco/92", Argentina (1993); "Conferência dos Direitos Humanos", Viena, Áustria (1993); "Conferência Mundial da População", Cairo, Egito (1994); "Conferência para o Desenvolvimento Social", China (1995); "Conferência Mundial do Clima", Berlim, Alemanha (1995); "Conferência Habitat II", Istambul, Turquia (1996); "II Congresso Ibero-americano de Educação Ambiental", Guadalajara, México (1997); "Copenhague, Dinamarca (1995); "Conferência Mundial da Mulher", Pequim Conferência sobre Educação Ambiental" em Nova Delhi (1997) (ARAÚJO, 2015, p. 101).

Em Tessalonik no ano de 1997, durante a Conferência Internacional sobre Meio Ambiente e Sociedade: Educação e Consciência Pública para a Sustentabilidade, os temas colocados na Rio 92 são reforçados. Chama-se a atenção para a necessidade de se articularem ações de Educação Ambiental baseadas nos conceitos de ética e sustentabilidade, identidade cultural e diversidade, mobilização e participação, além de práticas interdisciplinares. Foi reconhecido que, passados cinco anos da Rio 92, o desenvolvimento da EA não foi satisfatório. Como consequência, vê-se então a necessidade de uma mudança de currículo, de forma a contemplar as necessidades básicas para uma educação que contemple sustentabilidade, motivação ética, ênfase em ações cooperativas e novas concepções de enfoques diversificados (BRASIL, Um pouco da História da Educação Ambiental, 2012).



Uma década depois, em 2002, na África do Sul, em Johannesburgo, acontece uma nova conferência que recebeu o apelido de Rio+10, o evento da Cúpula Mundial sobre Desenvolvimento Sustentável, foi uma tentativa da ONU de verificar e mais uma vez praticar as metas, conclusões e diretrizes obtidas na Rio-92, principalmente progredir nas discussões e lançar metas mais audaciosas, exclusivas e definitivas para alguns dos principais problemas ambientais, em especial àqueles pertinentes às mudanças climáticas, ao crescimento da extrema pobreza e dos impactos sobre o meio ambiente e seus recursos naturais, ao avanço de doenças contagiantes como malária, Aids entre outras, à escassez de recursos hídricos e da qualidade do saneamento básico em países menos desenvolvidos, à proteção e preservação da biodiversidade e o uso coerente de fontes energéticas e naturais (CAPAZ & NOGUEIRA, 2014).

A Rio+10 obteve avanços pouco comemorados, houve apenas a criação de um sistema internacional que disponibilizasse informações de países ricos sobre a preservação de seus recursos naturais. De outro lado, o relatório da conferência possui declarações pouco proveitosas e sem nenhuma especificidade, sem consignar formas para implementação das medidas aprovadas (PEREIRA JÚNIOR, 2002).


Três décadas depois da Conferência de Tbilisi (1977), aconteceu a IV Conferência Internacional de Educação Ambiental, em novembro de 2007, em Ahmedabad-Índia a qual recebeu o codinome de Tbilisi+30, a conferência tratou de novos temas e verificou os avanços. Cerca de 1.200 pessoas estiveram presentes, representando 78 países, e participaram da aprovação da "Declaração de Ahmedabad 2007: Uma chamada para ação. Educação para a Vida: a Vida pela Educação" (TANNOUS & GARCIA, 2008).

Segundo SORRENTINO, TRAJBER, & FERRAZ (2007),

foram discutidas graves mudanças como o aumento das temperaturas e o conseqüente aumento do nível dos mares e oceanos, além do perigo da vulnerabilidade das comunidades humanas às doenças transmitidas por vetores, da redução da água doce, da perda de 20% a 30% da biodiversidade com a extinção de milhões de espécies de plantas e animais. Evidências das mudanças climáticas geradas pela ação humana e previsão de um cenário de catástrofe ambiental, se medidas mitigadoras de seus efeitos não forem adotadas com urgência. (SORRENTINO, TRAJBER, & FERRAZ, 2007)

Educação Ambiental no Brasil

A Educação Ambiental no Brasil, surge muito antes da sua institucionalização no governo federal. Com a existência de um persistente movimento conservacionista até o início dos anos 70, quando ocorre uma emergência ambiental, iniciada pela crise econômica e



energética, que se une às lutas pelas liberdades democráticas, manifestada através da ação isolada de professores, estudantes e escolas, através de pequenas ações de organizações da sociedade civil, de governos municipais e estaduais, com atividades educacionais voltadas a ações para recuperação, conservação e melhoria do meio ambiente. Neste período surgem os primeiros cursos de especialização em Educação Ambiental (HENRIQUES, TRAJBER, MELLO, LIPAI, & CHAMUSCA, 2007).


O processo de institucionalização da Educação Ambiental no Brasil teve início em 1973 com a criação da Secretaria Especial do Meio Ambiente, Outro passo importante na institucionalização da Educação Ambiental foi dado em 1981, com a Política Nacional de Meio Ambiente que estabeleceu, no âmbito legislativo, a necessidade de inclusão da Educação Ambiental em todos os níveis de ensino, até mesmo a educação da comunidade, com o objetivo de capacitá-la para uma participação ativa e na defesa do meio ambiente (BRASIL, 2005, p. 22).

O Brasil na década de 80 sob a influência da criação de um direito ambiental internacional acabou criando leis de grande importância para o meio ambiente, como a Lei nº 6.938, de 31/08/81, que Institui a Política Nacional de Meio Ambiente Em seu artigo 2º, inciso X, que afirma a necessidade de promover a “Educação Ambiental a todos os níveis de ensino, inclusive a educação da comunidade, objetivando capacitá-la para participação ativa na defesa do meio ambiente.” Assim, a Educação Ambiental nasceu como um princípio e um instrumento da política ambiental (BRASIL, 1981).

A Constituição Federal de 1988 propicia a descentralização das políticas públicas, e transfere a estados e municípios a responsabilidade legislativa e fiscalizatória de temas relacionados ao meio ambiente local e regional (LOPES, FILHO, BILLER, & BALE, 1996).

Iniciou-se, então, a formulação de políticas e programas mais adaptado à realidade econômica e institucional de cada estado, permitindo maior integração entre as diversas esferas governamentais e os agentes econômicos. Alguns estados se destacaram, demonstrando consciência da necessidade de conservar seus recursos naturais remanescentes em razão do agravamento de seus problemas ambientais ou por possuírem melhor nível de informação sobre eles (LOPES, FILHO, BILLER, & BALE, 1996).

A legislação ambiental brasileira é uma das mais completas do mundo, mas infelizmente não são cumpridas adequadamente, é necessário mais rigidez e compromisso no cumprimento destas.




Foi entre os anos de 2000 e 2010 que as políticas públicas brasileiras progrediram na inclusão da educação ambiental nos currículos escolares e em programas para as escolas. O Ministério da Educação – MEC, em 2001, fortaleceu a educação ambiental através de políticas e programas que incluíam o tema transversalmente; com a criação de grupos e comissões voltadas para a melhoria da qualidade de vida das pessoas; com a efetivação de eventos, feiras e fóruns locais e brasileiros que compõe a Agenda 21; e com a o surgimento de redes de educação ambiental nos estados, regiões e municípios do país (BRASIL, 2014). O Fundo Nacional de Desenvolvimento da Educação (FNDE) lançou diversos programas de incentivo a escolas sustentáveis, incentivados e financiados pelo Governo Federal. Grandes conquistas ocorreram ainda em 2012, e talvez uma das mais importantes, como a inclusão da educação ambiental nos conteúdos ministrados na Educação Básica e Superior com as Diretrizes Curriculares Nacionais para a Educação Ambiental e o enquadramento da educação ambiental como conteúdo obrigatório na Lei de Diretrizes e Bases da Educação Nacional (LDBEN), entretanto, em 2016, uma Medida Provisória²⁰ afastou a obrigatoriedade de conteúdos na área da educação ambiental. (BRASIL, 2012)

Criado pela Lei nº 4.771, de 15 de setembro de 1965, o Código Florestal Brasileiro, décadas depois passou a ser regulado pela *Lei* nº 12.651, de 25 de maio de 2012. No entanto, em outubro do mesmo ano, ele foi alterado pela *Lei* nº 12.727, de 17 de outubro de 2012. Mas, independentemente de suas alterações, nele são estabelecidos limites de uso da propriedade, que deve respeitar a vegetação existente na terra, considerada bem de interesse comum a todos os habitantes do Brasil (BRASIL, 2012).

Entre as principais atualizações do Código Florestal Brasileiro, pode-se destacar a obrigatoriedade de proteger e usar, de forma sustentável, as florestas, consagrando o compromisso do País com a compatibilização e harmonização entre o uso produtivo da terra e a preservação da água, do solo e da vegetação. Da mesma forma, também incentiva a pesquisa científica e tecnológica na busca da inovação para o uso sustentável do solo e da água, a recuperação e a preservação das florestas e demais formas de vegetação nativa. Outra alteração bastante significativa foi quanto ao uso das faixas marginais de qualquer curso d'água natural, perene e intermitente. Foi incluído também o Capítulo III – A, que aborda o uso ecologicamente sustentável dos apicuns e salgados, este podendo ser utilizados em atividades de carcinicultura

²⁰ Medida Provisória nº 746, de 22 de setembro de 2016, dispunha sobre a aplicação de conteúdos de forma transversal, mas obrigatoria em todos os níveis de ensino, foi completamente revogada.



e salinas, contanto que se garanta a manutenção da qualidade da água e do solo (BRASIL, 2012).

Para TRAVASSOS (2001) as leis ambientais brasileiras são excelentes fontes de justiça ambiental embora necessite de melhorias quanto as questões de informação e publicidade:

a legislação ambiental no Brasil é considerada uma das melhores e mais rígidas, mas existem fatores que contribuem para a dificuldade de se implementar a Educação Ambiental entre outros: a dificuldade de encontrar informações sistematizadas, pois é elevado o número de documentos legais a respeito; a existência de uma diversidade de órgãos ambientalistas nas esferas federal, estadual, municipal e ONGs e o pouco interesse da população em analisá-los (TRAVASSOS, 2001).

Desta forma, é preciso mais cobrança e fiscalização por parte da população brasileira, só assim a legislação ambiental brasileira será eficaz e obterá os resultados esperados de acordo com sua criação.

Desenvolvimento Sustentável


O conceito de desenvolvimento sustentável foi utilizado pela primeira vez no Relatório de Brundtland, de 1987, um documento final da Comissão Mundial sobre Meio Ambiente e Desenvolvimento (CMMAD, 1991), comissão esta, criada em 1983 pela Organização das Nações Unidas - ONU.

Mais tarde o Relatório Brundtland se torna o livro o Nosso Futuro Comum, com propostas que buscavam conciliar crescimento demográfico, com crescimento econômico, e preservação ambiental o Relatório de tornou um dos mais importantes documentos para a busca da sustentabilidade.

O Relatório marcou ainda a criação do termo Desenvolvimento Sustentável “o desenvolvimento que satisfaz as necessidades presentes, sem comprometer a capacidade das gerações futuras de suprir suas próprias necessidades.” (CMMAD, 1991, p. 46)

O documento tem como foco a qualidade da vida humana, e ainda, que não há como manter o desenvolvimento econômico, se não for contida a degradação ambiental. A má qualidade ambiental em algum momento atingirá inevitavelmente a economia.

A definição de desenvolvimento sustentável tem sentido moderador, suavizando a evolução da degradação ambiental que, embora seja uma proposta sonhadora para o desenvolvimento, é considerada ilusória. Para Mattos (1997) o desenvolvimento sustentável é também ilusório, chegando a ser utópico e fracassado como no desenvolvimento keynesiano,



em que há a busca pelo crescimento econômico para atingir a justiça social e do socialismo que é justiça social como condição para o crescimento.

Por outro lado, a ética e a solidariedade, são vistas por alguns autores como pontos imprescindíveis do desenvolvimento sustentável.

Buarque (2001), assevera que “o capitalismo contemporâneo incorporou uma parcela dos trabalhadores nos benefícios de um consumo que só é possível pela exclusão de outra parcela de trabalhadores e de sem-emprego”. Bursztyn (2001), trabalha sobre a promoção da justiça social como diminuição da degradação e afirma que a redução das desigualdades é imperiosa para o crescimento e manutenção do desenvolvimento sustentável.

O termo “sustentabilidade,” tem sido bastante usado atualmente, pois está relacionado com a continuidade dos aspectos econômicos, sociais, culturais e ambientais do mundo todo. A sustentabilidade deve promover a exploração de áreas ou o uso de recursos (naturais ou não) visando o equilíbrio entre o meio ambiente, os seres humanos e toda a biosfera que dependem dele para sobreviver. Este é um conceito que parece ser complicado e difícil de ser implementado. No entanto, é algo possível, mesmo em atividades de grandes impactos no meio ambiente, como a mineração; a extração vegetal, a agricultura em larga escala; a fabricação de papel e celulose e em outras; a aplicação de práticas sustentáveis nesses empreendimentos; revelou-se economicamente viável e em muitos deles trouxeram uma grande satisfação econômica (BARROS, 2017).

De acordo com FERREIRA & RAMOS (2015).

Para se chegar ao desenvolvimento sustentável é preciso investir na educação ambiental (...) as crianças e adolescentes e os jovens que recebem esses ensinamentos são um campo fértil para provocar ou induzir mudanças ambientais, tornando-se veículos mais velozes e receptivos à transformação da sociedade e a reformulação da concepção de valores éticos e impactantes em relação ao consumo sustentáveis (FERREIRA & RAMOS, 2015, p. 76).

Desta forma, não há dúvidas que a partir de 1987, com a publicação do Relatório Brundtland, há um processo que legitima e institucionaliza a expressão “desenvolvimento sustentável”, a qual passa a ser um dos termos mais importante para a Educação Ambiental.

Ações Inovadoras na Educação Ambiental


A tecnologia se tornou ferramenta importante na defesa do meio ambiente. A busca de soluções que pudessem melhorar a qualidade de vida do ser humano e preservar a natureza para as atuais e futuras gerações é constante. Soluções inovadoras surgem para crises como as de energia, de água, desemprego e alimentação ligadas ao denso crescimento populacional do mundo. A aplicação dessas ações inovadoras e inovações tecnológica aliadas a movimentos ambientais tem contribuído para um mundo um pouco mais sustentável.

Um dos exemplos a ser abordado é o da Oficina Escola de Luteria da Amazônia – OELA, que “é uma entidade de direito privado sem fins lucrativos (ONG), que desenvolve ações de educação para sociedades sustentáveis”. A OELA possui um projeto de luteria, que produz instrumentos musicais de cordas dedilhadas e caixa de ressonância usando madeiras amazônicas manejadas e certificadas. Possui ainda um Programa de Educação Ambiental desenvolve oficinas com temas como “A importância da prática da reciclagem” com o patrocínio da Petrobras. (OELA, 2019)

Crianças e adolescentes ainda participam de esportes coletivos, remo e taekwondo e atividades e oficinas de educação ambiental que tem por objetivo conscientizar crianças e adolescentes sobre o meio ambiente, protegendo assim a saúde pública e a qualidade de vida buscando formas mais sustentáveis para se viver. A grande inovação aparece na preocupação de trazer além de projetos de educação ambiental e reciclagem, buscar interligar o programa de geração de renda com o programa educacional, ensinando a luteria a jovens e o manejo florestal a ribeirinhos. (OELA, 2019)

Com o advento da cultura digital, do mundo virtual, surge um novo formato sociocultural alterando os hábitos, consumo, e práticas culturais, a forma de produzir informações e de divulgá-las criam inovações na relação de trabalho e lazer. O uso dessas novas tecnologias, apresenta novas formas de sociabilidade e de comunicação social. (Lemos, 2010)

Um trabalho importantíssimo e inovador foi apresentado pelo Jardim Botânico do Rio de Janeiro, que foi fundado em 1808, tem 570 mil metros quadrados, é patrimônio nacional e reconhecido como reserva da biosfera da Mata Atlântica pela Unesco, recebendo anualmente por volta de 700 mil visitantes e tem como grande atração, entre as mais de 3.000 classes de plantas cultivadas, a Palmeira-Imperial, símbolo do Jardim Botânico carioca. (FBB, 2019)



Além da visita ao prédios e monumentos existentes no local, o Museu do Meio Ambiente é um dos mais interessantes atrativos, contando com espaço de exposições, programas de educação ambiental e debates. Os visitantes podem ainda utilizar de uma rede de wi-fi bem ampliada para a utilização de um aplicativo, que mostra, de forma interativa passeios por trilhas, realidade aumentada, geolocalização dos principais pontos, e ainda um game educativo. (FBB, 2019)


O Edukatu é uma rede que conecta professores e alunos ao mesmo tempo e ainda oferece um processo guiado de aprendizagem com estratégia de jogo (gamificação), uma realidade que não volta atrás e ainda se expande rapidamente, uma vez na rede, a criança e jovens convidam os amigos a conhecer. O Design Thinking, criado pelo Akatu e apoiado pelo Instituto Educadigital, criar o programa Edukatu que incentiva jovens e crianças a pensar e a realizar um processo visando consumo consciente e sustentabilidade em ambiente escolar, inclusive concorrendo a prêmios para o aluno e a escola. (EDUKATU, 2019)

Outra inovação tecnológica que tem sido utilizada no combate a incêndios florestais, na guerra ao desmatamento e à caça ilegal e ainda apoiado o policiamento e controle de fronteiras de unidades de conservação, monitorando áreas de biodiversidade, mapeando áreas de unidades de conservação e apoiando pesquisas ambientais, é a tecnologia de drones. Os drones são aparelhos com ótimo custo-benefício, viáveis, pois se consegue abranger áreas geográficas de acesso difícil, não é necessária mão de obra especializada e é facilmente transportado.

Um exemplo é o Instituto de Desenvolvimento Sustentável Mamirauá e a ConservationDrones, que têm trabalhado em conjunto na proteção e monitoramento dos botos ou golfinhos de água doce da Amazônia e tem obtido ótimos resultados. (LIPPARELLI, 2018)

A Fundação Grupo Boticário é um dos apoiadores do Projeto de Conservação de Primatas, desenvolvido pelo Muriqui Instituto de Biodiversidade, e utiliza drones para o monitorar o macaco muriqui-do-norte (*Brachyteles hypoxanthus*) que tem apenas cerca de 900 indivíduos na natureza que é um dos animais "criticamente em perigo" constante da lista de animais em risco divulgada pelo Ministério do Meio Ambiente. O drone utilizado no monitoramento conta com uma câmera de altíssima resolução e sensibilidade termal. (LIPPARELLI, 2018)

O Prêmio Jovem Cientista (PJC) aborda temas socioambientais e inclui estudantes dos ensinos médio e superior, mestres e doutores que pode inscrever trabalhos relacionados a linhas de pesquisa pré-definidas e em geral, ligadas a inovações para a conservação, uso sustentável



da natureza, tecnologias digitais para transformação social e educação ambiental. É um prêmio a nível nacional e um grande incentivo à produção de pesquisas relacionadas ao meio ambiente e sustentabilidade. Instituído em 1981, o Prêmio é uma iniciativa do Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq) em parceria com Fundação Roberto Marinho e patrocinado pelo Fundação Grupo O Boticário e Fundação Banco do Brasil. (CNPQ, 2019)

Pesquisadores do mundo todo tem trabalhado em aplicativos desenvolvidos de forma a auxiliar a proteção da fauna, flora e dos recursos naturais, o que gerou um avanço nas áreas de Botânica e Educação Ambiental (POLISEL, 2018; SER, 2018). Vejamos alguns deles:

- a- **PlantSnapp**, design de um jovem britânico, com uma simples fotografia identifica folhas e flores.
- b- **Pl@ntNet**, desenvolvido por uma equipe de botânicos franceses, consegue identificar certos tipos de vegetação que não estão em época de reprodução e não possuem floração.
- c- **Carbon Calculator**, calcula o impacto da emissão de gás carbônico no ar e busca auxiliar na redução de efeito estufa. É um programa das Nações Unidas para o Meio Ambiente.
- d- **Sai desse banho** (IOS) e **Banho Rápido** (Android) tem como escopo a diminuição do gasto de água durante o banho, anuncia o tempo suficiente para tomar banho.
- e- **Nossa Energia**, é um aplicativo que ajuda a reduzir o gasto de energia e o desenvolvimento é do Instituto Akatu.
- f- **Rota de Reciclagem** o aplicativo aponta locais de coleta de lixo reciclável, das cooperativas de catadores e das empresas que adquirem materiais recicláveis.
- g- **Monitor de Secas do Brasil** acompanha a situação da seca no nordeste brasileiro e o **Plantadores de Rios**, desenvolvido pelo Serviço Florestal Brasileiro, cria um canal de comunicação direto entre sociedade e produtores rurais, facilitando ações conjuntas de preservação e recuperação de rios e nascentes.

Surge ainda, o aplicativo Ecologia das Estradas alavancado pelas tecnologias digitais, verifica os efeitos das estradas, rodovias e ferrovias sobre a biodiversidade, leva em conta aspectos socioeconômicos, e tenta encontrar saída para a detrimento de diversidade e mortalidade dos animais. Animais silvestres são mortos insistentemente e o Centro Brasileiro de Estudos em Ecologia de Estradas (CBEE) estima que:

mais de 470 milhões de animais são atropelados todos os anos nas estradas brasileiras. Ou seja, mais de 15 animais morrem a cada segundo, somando 1,3 milhões de animais mortos por dia. A maior parte dos atropelamentos atinge pequenos vertebrados, principalmente sapos, rãs, lagartos, cobras, passarinhos, ratos. (CBEE, 2019)

CONCLUSÃO

Como pode-se observar, é preciso educar a sociedade para que adquiram conhecimentos sustentáveis e ecologicamente corretos e dessa forma alcançar um futuro melhor em relação ao meio ambiente e com qualidade.

É possível notar que a Educação Ambiental tem obtido certos avanços através da história, mas ainda precisa ser trabalhada de forma mais intensa, abrangendo um número maior de pessoas para que assim possa-se alcançar os resultados esperados. As conferências foram importantes alertas sobre a necessidade de mudar as ações voltadas para o meio ambiente e estipularam metas, muitas delas aquém da real necessidade de preservação, e ainda assim, grande parte destas metas não foram alcançadas.

No Brasil, a Educação Ambiental tem sido esquecida nos últimos anos, principalmente por nossos governantes. As políticas públicas instauradas através do Plano Nacional de Educação-PNE para o período de 2014-2024 e na Base Nacional Comum Curricular-BNCC de 2016, não incluíram a educação ambiental de forma direta. Foram contemplados no PNE uma única vez o termo “Desenvolvimento sustentável” e uma única vez “sustentabilidade socioambiental”. Já na BNCC- 2016 homologada em dezembro de 2017, os termos “educação ambiental” e “desenvolvimento sustentável” aparecem apenas uma vez cada um, e ainda, apenas como “possibilidades para o currículo”. (FRIZZO; CARVALHO, 2018)

Desta forma, podemos observar que a luta pela Educação Ambiental e por um Brasil mais consciente depende de um esforço muito maior do que o produzido até então.

REFERÊNCIAS

ALENCAR, M. (2012). Educação ambiental: trajetória e fundamentos teóricos metodológicos . **IV Encontro Universitário da UFC no Cariri, 1-5.**

ARAÚJO, T. (2015). **Principais marcos históricos mundiais da educação ambiental.** Brasília: Ambiente Brasil.

BARROS, J. (dezembro de 2017). **Sustentabilidade.** Fonte: Brasil Escola: <http://brasilecola.uol.com.br/educacao/sustentabilidade.htm>

BRASIL. (1981). **LEI Nº 6.938 - Política Nacional do Meio Ambiente.** Brasília: Diário Oficial da União. Fonte: http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/leis/L6938.htm

BRASIL. (2005). **PROGRAMA NACIONAL DE EDUCAÇÃO AMBIENTAL - PRONEA** (3º ed.). Brasília: Ministério do Meio Ambiente e da Educação.

BRASIL. (2012). **Lei nº 12.727 - Código Florestal Brasileiro**. Brasília: Diário Oficial da União.

BRASIL. (2012). **Um pouco da História da Educação Ambiental**. Brasília: Ministério da Educação, Conselho Nacional de Educação. Acesso em 08 de dezembro de 2017, disponível em <http://www.dominiopublico.gov.br/download/texto/me4556.pdf>

BUARQUE, Cristovam. **Admirável mundo atual: dicionário pessoal dos horrores e esperanças do mundo globalizado**. São Paulo: geração, 2001.

BURSZTYN, Marcel. **Políticas públicas para o desenvolvimento sustentável**. in: BURSZYn, marcel (org). *A difícil sustentabilidade: política*

CAPAZ, R., & NOGUEIRA, L. (2014). **Ciências Ambientais para Engenharia**. Material na Web.

CBBE. Centro Brasileiro de Estudos em Ecologia de Estradas. Sistema Urubu, módulo 1: Ecologia de Estradas. Disponível em: <http://cbee.ufla.br/portal/imgs/imagesCMS/publicacao/pdf/57.pdf>. Acesso em 22 de fevereiro de 2019.

CNPQ. **Premio Joven Cientista**. Disponível em : <http://www.jovencientista.cnpq.br/>. Acesso em 24 de fevereiro de 2019.

COMISSÃO MUNDIAL SOBRE O MEIO AMBIENTE E DESENVOLVIMENTO (CMMAD – COMISSÃO BRUNDTLAND). *Nosso Futuro Comum*. 2. ed. Rio de Janeiro: Fundação getúlio Vargas, 1991. FERREIRA, J., & RAMOS, M. (2015). **Saber atuar para melhorar o mundo: Saúde, Qualidade de Vida e Meio Ambiente**. Goiânia: SENAR-AR/GO.

EDUKATU. **Sustentabilidade além das ciências**. Disponível em: <https://edukatu.org.br/>. Acesso em 7 de março de 2019.

FRIZZO, Taís Cristine Ernest. CARVALHO, Isabel Cristina de Moura. **Políticas públicas atuais no Brasil: o silêncio da educação ambiental**. Rev. Eletrônica Mestr. Educ. Ambient. Rio Grande, Ed. Especial EDEA, n. 1, p. 115-127, 2018.

FUNDAÇÃO BANCO DO BRASIL-FBB. **Inovação Digital traz Acessibilidade e Interatividade ao Jardim Botânico**. Disponível em <https://fbb.org.br/en/ra/conteudo/inovacao-digital-traz-acessibilidade-e-interatividade-ao-jardim-botanico>. Acesso em 04 de janeiro de 2019.

HENRIQUES, R., TRAJBER, R., MELLO, S., LIPAI, E., & CHAMUSCA, A. (2007). **Educação Ambiental: Aprendiz de Sustentabilidade**. Brasília: Secad/MEC.

IBGE, I. B. (07 de novembro de 2017). **Cidades**. Fonte: IBGE: <https://cidades.ibge.gov.br/brasil/go/goiania/panorama>

JACOBI, P. (2005). **Educação Ambiental: o desafio da construção de um pensamento crítico, complexo e reflexivo**. Educação e Pesquisa, 233-250.

LEMOS, André. Os sentidos da tecnologia: cibercultura e ciberdemocracia. In: LEMOS, André; LÉVY, Pierre (Org). O futuro da internet: em direção a uma democracia planetária. São Paulo: Paulus, 2010.

LIPPARELLI, T. 2016. Drones nos estudos de Fauna. Disponível em: https://issuu.com/lpambiental/docs/drone_nos_estudos_de_fauna_ebook. Acesso em 18 de outubro de 2018.

LOPES, I., FILHO, G., BILLER, D., & BALE, M. (1996). **Gestão ambiental no Brasil. experiência e sucesso**. Rio de Janeiro: Fundação Getulio Vargas.

MAGNÓLIO, P. (2003). **Educologia: A educação ambiental Ativa**. Guararema - SP: Próprio Autor.

MARQUES, M., & PINHEIRO, A. (2008). **Educação Ambiental nas Escolas Públicas nas Escolas Públicas**. Anais do I Seminário de Políticas Públicas no Paraná, 1-13.

OFICINA ESCOLA DE LUTHERIA DA AMAZONIA-OELA. Disponível em : www.oela.org.br. Acesso em 09 de janeiro de 2019.

PEREIRA JÚNIOR, J. (2002). **Cúpula mundial sobre desenvolvimento sustentável, realizada em Johannesburgo, África do Sul**. Fonte: Camara: http://www2.camara.leg.br/a-camara/documentos-e-pesquisa/estudos-e-notas-tecnicas/arquivos-pdf/pdf/copy_of_208366.pdf

POLISEL, R. **Chave de Identificação Botânica – O Aplicativo**. 2016. Disponível em: <http://brasilbioma.com.br/chave-de-identificacao-botanica/>. Acesso em 18 de dezembro de 2018

RIBEIRO, K. (2015). **Efetividade da educação ambiental formal nas escolas públicas goianas**. Goiânia: programa de pós-graduação em direito, relações internacionais e desenvolvimento - mestrado.

SER. International Primer on Ecological Restoration. www.ser.org. Tucson. Sustentabilidade: 5 aplicativos que incentivam boas práticas ambientais. Disponível em: <http://www.boavontade.com/pt/tecnologia/sustentabilidade-5-aplicativos-que-incentivam-boas-praticas-ambientais>. Acesso em 23 de fevereiro de 2019.

SORRENTINO, M., TRAJBER, R., & FERRAZ, D. (2007). **Relatos da IV Conferência Internacional de Educação Ambiental de Ahmedabad**. Ahmedabad, Índia. Acesso em 08 de dezembro de 2017, disponível em www.reasul.org.br/mambo/files/relatos_CIEA_ahmedabad.doc

TANNOUS, S., & GARCIA, A. (2008). **Histórico e evolução da educação ambiental, através dos tratados internacionais sobre o meio ambiente**. Nucleus, 183-196.

TRAVASSOS, E. G. (2001). **A educação ambiental nos currículos: dificuldades e desafios**. Revista de biologia e Ciências da Terra. Fonte: www.uepb.edu.br/eduep/rbct/sumarios/pdf/educamb.pdf

CAPÍTULO 6

ANÁLISE DA EFICIÊNCIA DA FOSSA VERDE NO PROCESSO DE TRATAMENTO DE ESGOTO

Thulio Nery da Silva Araújo²¹
Milton Gonçalves da Silva Júnior²²
Fernando Ernesto Ucker²³
Alline Caitano Luz²⁴
Mayara Mayara Wesley da Silva²⁵
Cristina de Fátima Mattos Antunes²⁶

RESUMO

A utilização de tecnologias no tratamento de efluentes domésticos em zonas rurais e semiurbanas vem ganhando um espaço cada vez maior, devido principalmente pela conscientização e preocupação da população à cerca de contaminação do solo, lençol freático e em sua maioria, pela saúde e bem estar dos habitantes desses locais. O presente trabalho vem apresentar e destacar a funcionalidade e utilização de algumas dessas tecnologias, com intuito de que se consiga promover a importância no tratamento do esgotamento sanitário. Para embasamento teórico com informações sobre tecnologias baratas e de grande eficiência no sistema tratamento de efluentes domésticos, utilizou-se de dados retirados de bancos como: Google Acadêmico, Periódicos da Capes, Embrapa, Revistas e Sites especializados no assunto. Nos trabalhos de embasamento, verificou-se que várias tecnologias estão sendo implantadas em diversas partes do planeta, vale destacar entre elas, o banheiro seco, Zona de Raízes, Fossa Séptica Biodigestora, e a Fossa verde (fruto de aprofundamento do presente trabalho). Foi possível observar durante os estudos, que todas as tecnologias mencionadas, já foram desenvolvidas, havendo assim, resultados concretos no que condiz sobre a viabilidade na alocação desses modelos em propriedades rurais ou zonas semiurbanas. Nesse aspecto, o resultado final no que tange o trabalho, foi satisfatório, destacando porém, a fossa verde, que além de viável econômica e ambientalmente (reutiliza pneus, resíduos de construção civil- RCC e o próprio solo do local de implantação), agrega um valor de bens de serviço, assim como, um valor paisagístico, pois utiliza de plantas para utilização dos micronutrientes e água da fossa verde.

Palavras-chave: Tecnologias; Eficiência; Resíduos

²¹ Engenheiro Ambiental – Centro Universitário Araguaia – UniAraguaia.

²² Professor do curso de Engenharia Ambiental – Centro Universitário Araguaia – UniAraguaia.

²³ Coordenador do curso de Engenharia Ambiental do Centro Universitário Araguaia – UniAraguaia.

²⁴ Analista ambiental.

²⁵ Docente do curso de Engenharia Agrônômica do Centro Universitário Araguaia – UniAraguaia.

²⁶ Coordenadora do curso de Engenharia Civil do Centro Universitário Araguaia – UniAraguaia.

INTRODUÇÃO

A tendência na conscientização humana sobre assuntos relevantes para a saúde da população, assim como reutilização de resíduos que causam impactos diretos e indiretos no meio ambiente, estão em surgimento, devido principalmente por moradias inadequadas instaladas em ambientes inapropriados, tais como: Topo e encostas de morro, Área de Preservação Permanente- APP e etc.

A falta de um plano de urbanização, e o avanço das moradias sobre as áreas de risco, evidencia mais ainda os perigos ao qual as pessoas enfrentam diariamente nessas localidades. Um dos maiores problemas ao qual vivenciamos ao longo do tempo por falta de saneamento básico, é a contaminação de crianças, jovens e adultos que tenham contato direto e indireto com o esgoto à céu aberto, umas das incidências que temos nesse tocante, é o auto grau de diarreia, assim como outras doenças relacionadas ao contato. Nesse sentido, estudos e implementação de tecnologias ecologicamente corretas à cerca do tratamento de efluentes domésticos, se torna imprescindível no atual cenário não só brasileiro, como também mundial.

Uma das variáveis que se pode destacar para a utilização de novas alternativas para tratamento de esgotamento doméstico, é a situação socioeconômica ao qual o Brasil vive ultimamente. Outra variável que se pode comentar, é o a preservação ambiental, onde as substâncias que estão contidas nos excrementos humano são carregadas para os corpos hídricos, resultando em problemáticas ainda maiores, como eutrofização de manancial.

No contexto geral, a ecoeficiência almejada, poderá ser adquirida através de bens de serviços atrativos, que visem a redução progressiva dos impactos causados no meio ambiente, assim como, a utilização dos recursos naturais, satisfazendo de forma simples, porém eficiente, satisfazer os utilizadores do saneamento básico voltado à classes baixas, ou que não tenham sistema de tratamento de efluentes domésticos.

Partindo desse pressuposto, este trabalho teve como objetivo comparar a eficiência da fossa verde com outras maneiras de tratamento de efluentes domésticos; desenvolver novas tecnologias para o tratamento de efluentes domésticos e introduzir novas perspectivas de saneamento básico voltado para classes baixas e cidades que não contenham sistema de coleta e tratamento de efluentes domésticos.

MATERIAL E MÉTODOS

Coleta de dados

Os dados serão retirados de artigos, revistas e vídeos autoexplicativos referentes ao tema, para que assim, possa embasar de maneira técnico-científica toda a constituinte ao qual se refere o tema.

A execução da fossa verde se dará através do estudo da área onde será implementado o sistema e a quantidade de pessoas que vivem no local, ou, análise de quantas pessoas utilizarão do sistema de forma contínua, caso de empresas.


Será aberto um buraco em forma retangular para o projeto em questão, e o desnível entre o(s) local/locais de captação do esgotamento sanitário e a fossa, deverá ter entre 3 e 5%. Calcula-se que, para que o sistema se desenvolva de forma tranquila e sem nenhum imprevisto, a construção deve-se adotar 1 m³ para cada pessoa. Salienta-se que para que não haja contaminação do solo, e, conseqüentemente a contaminação do lençol freático, todo o buraco aberto para a realização da fossa, seja devidamente impermeabilizado, tanto lateral, como, principalmente, o fundo do mesmo.

Análise dos dados

A análise minuciosa sobre o solo (composição, estrutura, porosidade e declividade), assim como, a quantidade de pessoas que utilizaram o sistema se faz necessário. Salienta-se então, que haverá todo um estudo acerca da implementação do sistema em determinados locais. A quantificação de RCC e pneus que serão utilizados no sistema se dará através do número de indivíduos da residência, bem como tubulações utilizáveis na implementação da mesma.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

No Brasil, a disposição final do esgoto doméstico de forma inadequada, está relacionada em boa parte, com a contaminação direta do solo, da água e do ar. Grande parte dos municípios brasileiros não são atendidos com serviços de coleta e tratamento do esgoto. As conseqüências ocasionadas pelo lançamento de efluentes domésticos com concentrações elevadas de poluentes alteram a qualidade da água, restringindo seu uso para fins nobres como o abastecimento



humano e causando graves danos à saúde pública. Com o passar dos anos, porém, a necessidade de tratamento desse efluente se tornou muito evidente.

Diversas metodologias foram desenvolvidas ao longo do tempo e outras estão em desenvolvimento, na busca e aperfeiçoamento na qualidade do sistema de tratamento de efluentes domésticos, a fim de se obter o maior índice de eficácia possível no tratamento de esgoto doméstico. Dentre as mais conhecidas tecnologias de tratamento de esgoto doméstico, podemos destacar: o banheiro seco, a zona de raízes, a fossa negra, a fossa séptica biodigestora e a fossa verde. Onde se destacam as duas últimas, principalmente pela fácil introdução nas residências e o seu custo ser relativamente baixo.

A fossa séptica é categorizada como uma tecnologia social, apresenta resultados promissores no tocante à qualidade dos efluentes finais sob o aspecto sanitário, ambiental e agrícola, sendo passíveis de gerar benefícios relevantes sob o aspecto social e econômicos (Da Costa; Guilhoto, 2015). As fossas sépticas são fundamentais no combate a doenças, verminoses e endemias (como a cólera), pois evitam o lançamento dos dejetos humanos diretamente nos córregos, rios, lagos ou na superfície do solo.

Em relação à outras técnicas de esgotamento sanitário, a fossa verde tem como sua característica a alternativa inovadora no cultivo de plantas, utilização de materiais provenientes da construção civil e pneus automobilísticos sem serventia, além de prevenir possíveis doenças causadas por mosquitos vetores e protege o meio ambiente. Dentre as suas vantagens, pode-se destacar que ela não exala odores, atrai fauna diversificada ao meio ambiente por haver o cultivo de plantas frutíferas ou ornamentais, que terão a função de ser um filtrador séptico, uma tecnologia barata podendo ser utilizada em solos drenados em nível industrial e residencial onde já exista o sistema convencional.

Banheiro Seco

O banheiro compostável, também conhecido como banheiro seco ou sanitário ecológico é uma técnica de saneamento que não utiliza água para remover os dejetos, estes ficam armazenados em uma câmara onde passam por um processo de compostagem e o produto final pode ser utilizado como adubo (SÁ, 2011).

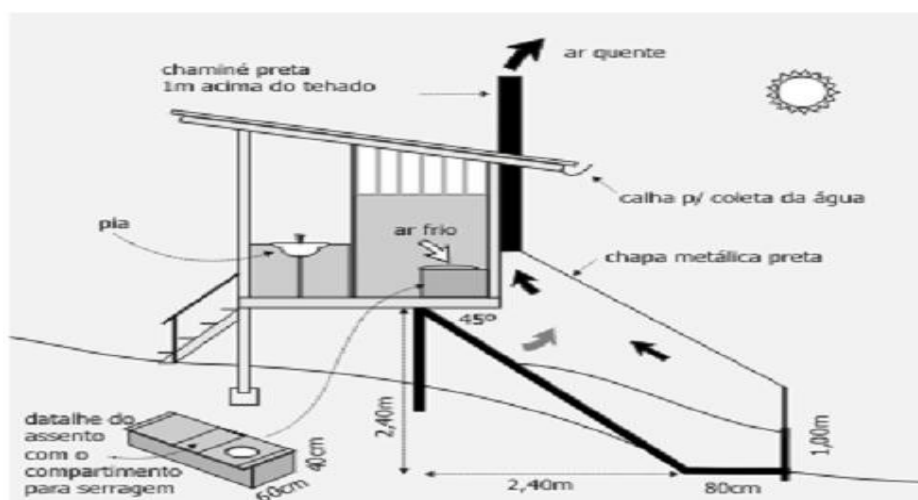
Um dos principais benefícios da utilização desta tecnologia é a solução de problemas dos sistemas hídricos sanitários, como a contaminação e desperdício de água, e a transformação dos dejetos em adubo orgânico e húmus. Essa tecnologia funciona sem a necessidade de água

e não é ligada a rede de esgoto. No banheiro seco os dejetos vão para uma câmara onde a matéria orgânica passa por um processo de compostagem e se decompõe e o produto final é utilizado como adubo. Conseqüentemente os resíduos são utilizados como nutrientes e não há, portanto, a utilização de água para diluir nem transportar as fezes, assim, evitando a contaminação do solo e dos cursos d'água (Teixeira e Motta, 2008).

O banheiro seco é uma tecnologia já consagrada em diversos países do mundo como os Estados Unidos, Canadá, Suécia, Noruega, Nova Zelândia, Inglaterra e Austrália, e, basicamente, utiliza processos para tratar e sanitizar os dejetos humanos que reduzem consideravelmente, ou totalmente, o uso de água para o transporte, armazenamento e tratamento destes resíduos (Alves, 2009).

A implantação de banheiros secos compostáveis em áreas onde não existe coleta de esgoto, principalmente zonas rurais, se apresenta como uma alternativa simples, de baixo custo e que não agride o meio ambiente. O sanitário compostável não utiliza água, os dejetos ficam armazenados em uma câmara e passam por um processo de compostagem (Figura 1). O composto obtido pode ser usado em jardins, ou como recurso agrícola. Esta alternativa respeita o ciclo natural dos elementos, contribui para a redução do consumo de água, e evita a contaminação desta por dejetos humanos (Sá, 2011). Segundo Lemos (2010), os banheiros secos são alternativas promissoras para o tratamento dos resíduos sólidos provenientes da excreta humana, para o combate de doenças infecciosas e parasitárias e para a utilização racional da água.

Figura 1. Modelo de banheiro seco.



Fonte: <http://www.josianeguss.com/2012/10/vaso-sanitario-seco.html>, acesso em 02 de fevereiro de 2017.

Zona de Raízes

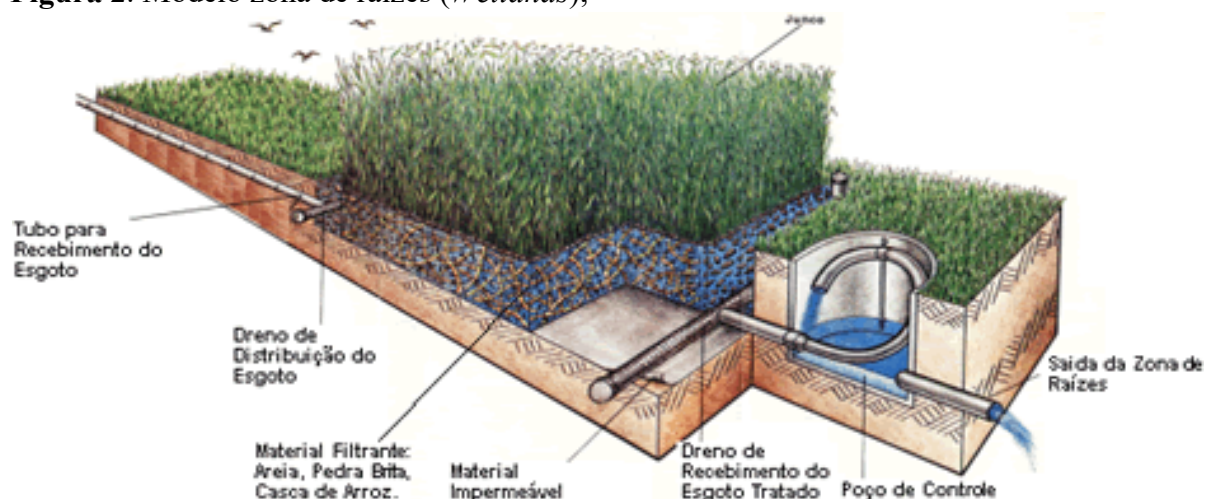
A caracterização do esgoto sanitário varia quantitativa e qualitativamente com a sua utilização. A contribuição de esgoto depende de inúmeros fatores, como a região atendida, atividades desenvolvidas, hábitos de higiene, nível socioeconômico, nível de cultura e outras causas comportamentais (Jordão, 2009).

O sistema de tratamento de esgoto sanitário por Zona de Raízes É apropriada para localidades do meio rural. Esse sistema tem base em solos filtrantes e, é uma tecnologia autossustentável, que pode ser utilizada de forma a atender pequenas comunidades, escola e residência unifamiliares, ocupa pequeno espaço na área externa da residência, e ainda pode ser integrado de forma não agressiva ao ambiente (Figura 2).

Um tratamento por zona de raízes, também conhecido como *wetlands*, pode ser projetado de diferentes modos hidráulicos. Kadlec e Wallace (2009) separam as possibilidades de construções de acordo com o fluxo. As *wetlands* construídas com fluxo superficial são áreas projetadas para simular lagoas do tipo pântano, com vegetação variada, já as que utilizam fluxo subsuperficial, o efluente atravessa, horizontalmente ou verticalmente, um leito filtrante cultivado com vegetação do tipo macrófitas aquáticas emergentes.

Nas *wetlands* subsuperficiais (figura 2), a areia, ou algum outro tipo de solo hidráulico, age como meio filtrante e soma-se ao cultivo de vegetação, que proporcionará a zona de raízes, atuante no tratamento. Segundo Wallace e Knight (2006), este tipo de *wetland* é comum, como tratamento secundário, em residências familiares ou em sistemas coletivos de pequeno porte. Pelo fato de não haver efluente exposto durante o processo de tratamento, o risco associado à saúde humana, pela exposição de organismos patogênicos, é minimizado. Muitos tipos de *wetlands* subsuperficiais de fluxo vertical são encontrados ao redor do mundo. A tecnologia foi desenvolvida na Europa, meados dos anos 1960, com a intenção de fornecer níveis maiores de transferência de oxigênio, e produzir um efluente nitrificado, o que não acontece nas *wetlands* de fluxo horizontal, que são limitadas quanto à capacidade de oxidar amônia (Kadlec & Wallace, 2009).

Figura 2. Modelo zona de raízes (*Wetlands*);



Fonte: <https://reciclafloras.wordpress.com/2010/09/17/zona-de-raizes/>, acesso em 02 de Fevereiro de 2017

Fossa Negra

Dentre as modalidades apresentadas, a fossa negra é a tecnologia de tratamento de esgoto que encontrou-se em utilização por um determinado período em perímetros urbanos e rurais. Sua facilidade e simplicidade de projeto, tornava-a atrativa para implementação. Entretanto, percebeu-se que sua utilização afeta lençóis freáticos, contamina o solo, ocasionando de forma direta, a exposição de doenças junto à população. O seu formato cilíndrico e suas tampas de concreto, são algumas características da fossa negra (Figura 3).

Figura 3. Fossa Negra/Rudimentar fechada e aberta.



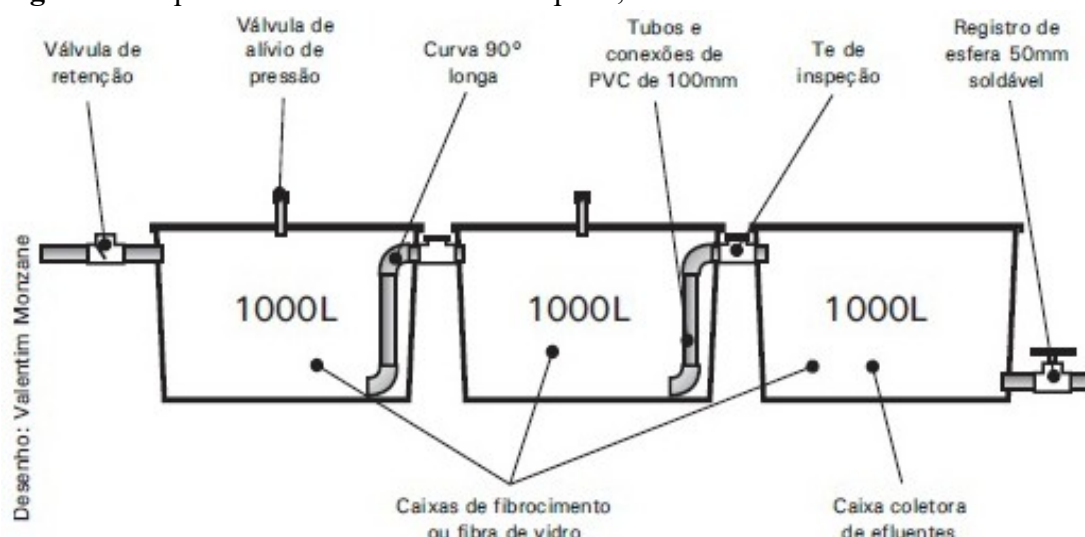
Fonte: Biodiversidade - V.12, N1, 2013 - pág. 67

Fossa Séptica Biodigestora

A princípio, o modelo foi desenvolvido pela Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária (EMBRAPA, 2010) vinculada ao Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento (MAPA), para atender as comunidades rurais que também carecem de serviços adequados de tratamento de esgoto.

Observa-se que, as fossas rudimentares não funcionam de maneira a evitar a contaminação das águas. Já a fossa séptica biodigestora, além de evitar a contaminação do solo, promove a reciclagem dos dejetos humanos, auxiliando também, na não contaminação de águas subterrâneas. O produto dessa reciclagem é efluente inodoro e com alta carga de nutrientes que são benéficos às plantas. Assim, o uso DO efluente pode ser utilizado diretamente para adubação de plantas localizadas próximas às residências, o que é muito comum na área rural, trazendo uma economia no consumo de fertilizantes químicos.

Figura 4. Esquema do modelo de Fossa Séptica;



Fonte: EMBRAPA, 2010

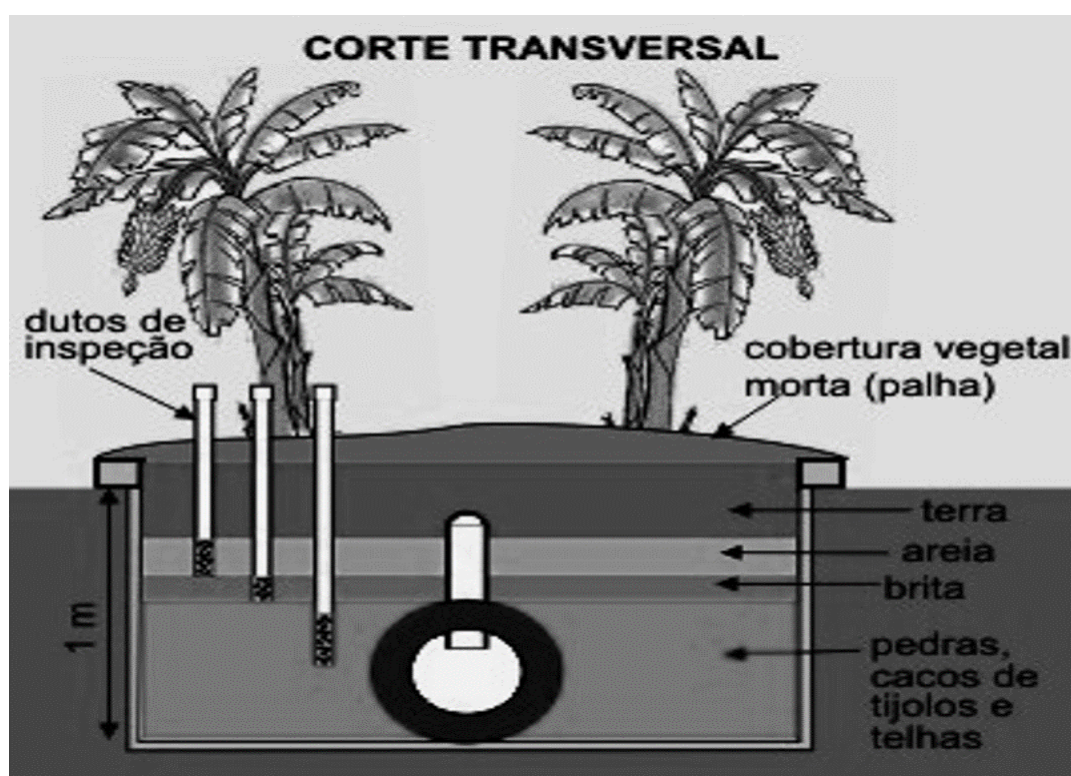
Fossa Verde

O Tanque de evapotranspiração, ou fossa verde, como é conhecido, é um sistema de tratamento e reaproveitamento de nutrientes proveniente do vaso sanitário. O sistema fossa verde foi criado por Tom Watson, um permacultor Norte Americano, como nome de “Watson Wick”. O Sistema de fossa verde é simples. É um sistema fechado, onde não há a saída de líquido (água), para filtros ou sumidouros pós tratamento. Nele, há a ocorrência da decomposição anaeróbia da matéria, ou seja, não há utilização de oxigênio para fazer a depuração da matéria orgânica. Faz-se também, a mineralização e a absorção do nutrientes e água através das raízes

das plantas que estarão no sistema (Figura 5), principalmente as frutíferas, pois consomem esses nutrientes e ainda fazem a transpiração da água através de caules e folhas, como é o caso da bananeira.

Segundo Rocha (2012) “a adoção dessa tecnologia é uma alternativa de saneamento adequada às características das comunidades indígenas”. O modo de vida sustentável, sobrevivendo da pesca, produção de artesanato e agricultura de subsistência, caminha lado a lado com o propósito da fossa verde.

Figura 5. Corte transversal de uma Fossa verde.



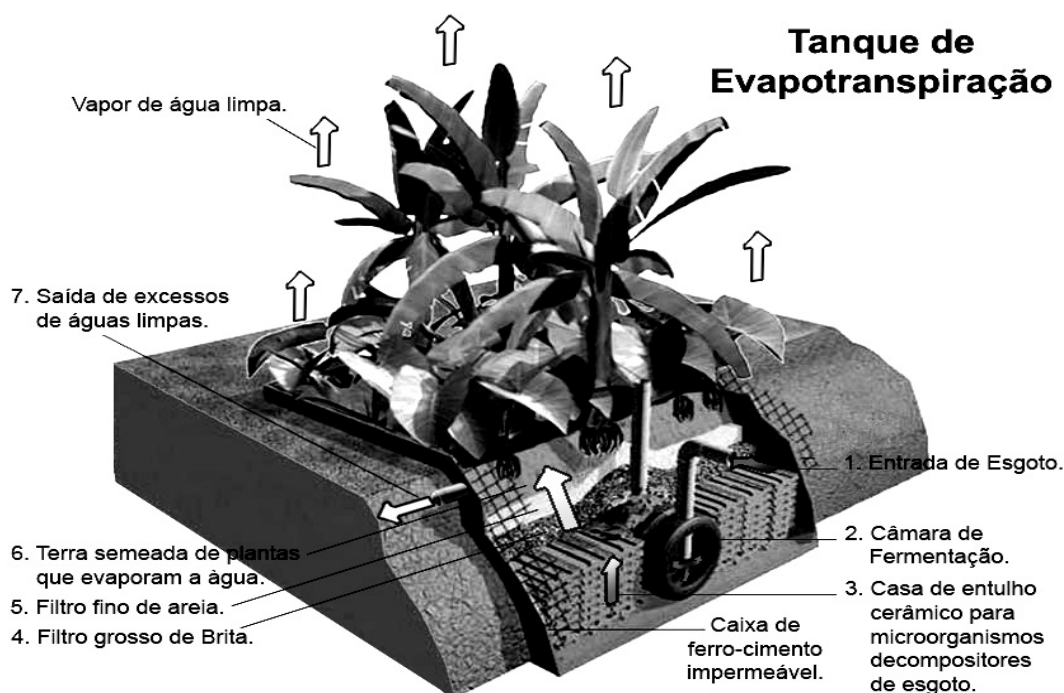
Fonte: <http://www.incra.gov.br/projeto-fossas-verdes-sera-apresentado-em-comissao-de-educacao-ambiental>

Em virtude da fossa verde ser uma tecnologia nova, não há uma legislação pertinente que venha a regulamentar o seu dimensionamento, pois são poucos os estudos técnico-científicos sobre essa tecnologia de tratamento de efluentes domésticos.

A fossa verde (tanque de evapotranspiração) é uma unidade de tratamento primário do esgoto doméstico, sendo um tratamento anaeróbio, ou seja, sem a presença do ar durante o seu processo. A fossa verde, ao contrário da fossa negra, não contamina o solo. A reposição ambientalmente correta é feita por uma fileira de pneus interligados, ou uma pirâmide de tijolos

na sua base, onde será disposto o esgoto doméstico captado (Figura 6). Externo a essas estruturas, são depositados restos de entulho em primeira camada, logo após, é feita uma segunda camada de brita (nº 2), a terceira camada é feita de areia lavada, pois os seus poros são maiores, podendo assim, reter as impurezas advindas da captação do esgoto, e na quarta e última camada, utiliza-se o próprio solo do terreno, pois ele contém as características necessárias para determinado ambiente, não sendo preciso assim, a correção do solo para o plantio de espécies que serão inseridas no projeto.

Figura 6. Esquemática fossa verde



Fonte: <http://institutoecoacao.blogspot.com.br/2013/10/veja-como-construir-uma-fossa-ecologica.html> (acesso em 12/03/2017)

Dentre as plantas recomendadas para plantio nos tanques (Venturi, 2004; Mandai 2006 apud. Galbiati, 2009), citam as seguintes espécies: bananas (*Musa sp.*); inhames e taiobas (*Colocasia sp.*); mamoeiro (*Caricapapaya*); ornamentais como copo-de-leite (*Zantedeschia aethiopica*); maria-sem-vergonha (*Impatiens walleriana*); lírio-do-brejo (*Hedychium coronarium*); caeté banana (*Heliconia spp.*) e junco (*Zizianopsis bonariensis*), além de hortaliças como couve e tomateiro, devendo se evitar plantas que tenham raízes consumidas cruas e hortaliças rasteiras (conceito: “descascar para comer”).

Novas perspectivas de saneamento básico voltado para classes baixas


A falta de acesso aos serviços de saneamento básico no Brasil pode ser medida pelo número de municípios existentes no país que não possui nenhum tipo de sistema de esgotamento sanitário (Tonetti *et al.*, 2010). O Plano Nacional de Saneamento Básico (PLANSAB) lei 11.445/07, estabelece as diretrizes no âmbito nacional no que tange o saneamento básico brasileiro, com o intuito de universalização do serviço, com o intuito de que toda pessoa tenha direito ao saneamento básico.

O Plano prevê projetos nos âmbitos federal, estadual e municipal, envolvendo água, esgoto, resíduos sólidos e águas pluviais, que demandarão investimentos de R\$ 508,5 bilhões até 2033. Entre as metas do PLANSAB até o ano de 2030, está a universalização do abastecimento de água, a redução de 41% para 32% do índice de perdas de água e a oferta de serviços de coleta e tratamento de esgoto a 90% dos domicílios. Entretanto, essa realidade é cada vez mais distante, visto que para se concretizar esse plano, deveriam ser investidos cerca de 15 bilhões por ano em saneamento básico, e os dados divulgados pela Confederação Nacional da Indústria (CNI, 2016), informam que entre 2007 e 2014, foram investidos pouco mais de 8,2 bilhões por ano, o que indica que a perspectiva de universalização do serviço de saneamento básico, ultrapasse o ano de 2050.

Segundo o Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (2010), cerca de 39% da população brasileira não possui rede coletora de esgoto. Para a rede de esgoto atingir as áreas afastadas, como as rurais, o custo é alto e de pouco interesse por parte das empresas portadoras desses serviços, entende-se então, o por que dessas áreas estarem com percentuais defasados se comparados a grandes centros urbanos. Cerca de 96% dos quase 29 milhões de habitantes brasileiros que vivem em zonas rurais não possuem coleta e tratamento de esgoto doméstico.

Diante desta situação, o baixo índice de coleta de esgotos no Brasil, tem impulsionado a utilização de sistemas individuais e alternativos de tratamento com intuito de proporcionar um destino adequado aos despejos domésticos (Faustino, 2007). A utilização de sistemas individuais no tratamento de esgoto doméstico se viabiliza principalmente por não precisar de rede coletora coletiva para tratamento dos efluentes e por ser de fácil adaptação e construção.

O Plano Nacional de Saneamento Básico estabeleceu metas de curto, médio e longo prazos para a universalização dos serviços de saneamento básico no Brasil para 2018, 2023 e 2033. Para abranger os quatro componentes do saneamento básico (abastecimento de água potável, esgotamento sanitário, manejo de resíduos sólidos e drenagem das águas pluviais



urbanas), foram estabelecidos 23 indicadores para o país e suas cinco macrorregiões. Os indicadores possuem metas progressivas de expansão e de qualidade dos serviços, que servirão para acompanhar a execução do Plano, tendo como referência o ano de 2010.

De acordo com o BNDES (2014), entre 2007 e 2009, foram contratados pelo Programa de Aceleração do Crescimento (PAC) R\$ 37 bilhões em investimentos no setor de saneamento. Já no PAC 2, entre 2010 e 2013, o montante contratado chegou a R\$ 42 bilhões. Entretanto, o percentual médio de execução desses investimentos foi inferior à metade (41% do total contratado). A perspectiva do BNDES é de um total de R\$ 37 bilhões em investimentos no setor durante o quadriênio 2015-2018. Do valor estimado, 83% seriam por meio do Programa de Aceleração do Crescimento.

Assim, nos próximos anos, deve ser dada prioridade à coleta e tratamento do esgoto, com o objetivo de alcançar a universalidade na efetivação deste direito para todos. Neste tocante, as soluções eficientes e de baixo custo, no que diz respeito ao tripé ecológico (economicamente viável, socialmente justo e ambientalmente correto), devem ser priorizadas tanto no âmbito urbano, quanto no rural.


CONCLUSÃO

As zonas rurais e semiurbanas necessitam de um atendimento de saneamento de tratamento de esgoto, visto que os investimentos se encontram em escassez. As alternativas de tratamento de esgoto doméstico através de tecnologias baratas e de fácil acesso a comunidades de baixa renda se torna algo viável, por ser de simples instalação, custo relativamente baixo e de fácil acesso. Em virtude dos fatos mencionados, a fossa verde, como fonte desse tratamento de esgoto doméstico, representa a inserção das classes mais baixa no sistema de saneamento básico brasileiro, além de mudar a realidade socioeconômica das comunidades rurais e semiurbanas, principalmente pela reutilização de materiais, e utilização da área da fossa verde como fonte de nutrientes para plantas frutíferas.

REFERÊNCIAS

Abreu, Potira Soares de. Implantação de uma estação de tratamento de esgoto por zona de raízes na comunidade rural da seção jacaré do município de Francisco Beltrão. MS thesis. Universidade Tecnológica Federal do Paraná, 2013.

Costa, Pablo Soares de Alvarenga. "Desenvolvimento de uma opção de saneamento rural para pequenos agricultores de Minas Gerais (Itabira)." (2014).



Da Silva, Mário Rodrigues Pereira e Netto, Antônio Oliveira. "A UTILIZAÇÃO DE FOSSAS VERDES PARA O SANEAMENTO BÁSICO E DESENVOLVIMENTO SUSTENTÁVEL NO NORDETE". VI SIMPROD (2014).

de Carvalho, Sonia Aparecida. "O direito fundamental ao saneamento básico como garantia do mínimo existencial social e ambiental." Revista Brasileira de Direito 8.2 (2012): pág: 6-37.

Disponível em: <<https://nacoesunidas.org/assembleia-geral-da-onu-reconhece-saneamento-como-direito-humano-distinto-do-direito-a-agua-potavel/>> acesso em: 17/05/2017.

dos Santos, Rubens Francisco, et al. "Abordagem descentralizada para concepção de Sistemas de Tratamento de Esgoto Doméstico." Revista Eletrônica de Tecnologia e Cultura 1.1 (2015).

Galbiati, Adriana Farina. Tratamento domiciliar de águas negras através de tanque de evapotranspiração. MS thesis. 2009.

Lisboa, Severina Sarah, Léo Heller, and Rogério Braga Silveira. "Desafios do planejamento municipal de saneamento básico em municípios de pequeno porte: a percepção dos gestores." Engenharia Sanitária e Ambiental 18.4 (2013): pág: 341-348.

Sabei, Thayze Rochele, and Fátima de Jesus Bassetti. "Alternativas ecoeficientes para tratamento de efluentes em comunidades rurais." Periódico Eletrônico Fórum Ambiental da Alta Paulista 9.11 (2013).

Sabei, Thayze Rochele, and Fátima de Jesus Bassetti. "Alternativas ecoeficientes para tratamento de efluentes em comunidades rurais." Periódico Eletrônico Fórum Ambiental da Alta Paulista 9.11 (2013).

Sousa, Carlos Di Stefano Silva, João José Pessoa Mota, and Alessandro Costa da Silva. "A participação social na implantação do banheiro seco como alternativa para promoção de saúde em dez comunidades rurais maranhenses/Social participation in implementation of dry bathroom as alternative to promote health in ten rural communities in..." CAMPO-TERRITÓRIO: revista de geografia agrária 9.19 (2014).

Villar, Pedro Antonio Gvozdanovic. "Programa Nacional de Saneamento Rural." (2011).

CAPÍTULO 7

REAPROVEITAMENTO E RECICLAGEM DOS RESÍDUOS SÓLIDOS DA CONSTRUÇÃO CIVIL

Airton Braga Teixeira Júnior²⁷
Danielle Aparecida do Prado²⁸
Milton Gonçalves da Silva Junior²⁹
Joaquim Orlando Parada³⁰
Aurélio Caetano Feliciano³¹
Cristina de Fátima Mattos Antunes³²

RESUMO

O setor da construção civil ocupa uma posição de destaque na economia brasileira, por outro lado, gera um volume expressivo de resíduos sólidos, onde os mesmos nem sempre possuem uma adequada gestão, e na maioria das vezes são depositados em locais irregulares, consequentemente comprometendo a qualidade de vida do meio ambiente, do mesmo modo tem como o objetivo analisar os resíduos sólidos da construção civil, destacando as técnicas, os tipos de processamento, reciclagem e reuso, propondo possíveis soluções para a sua destinação final, visando uma significativa diminuição na geração dos resíduos, preservando os recursos naturais. Através da revisão de literatura adotando um método quantitativo, onde serão realizadas coletas de dados em informações secundárias, livros e artigos científicos, a fim de captar informações sobre o tema abordado no projeto. Dessa forma, percebe-se que se deve enfatizar o ganho ambiental, através das técnicas, dos tipos de processamento, reciclagem e reuso dos resíduos sólidos da construção civil, que pode ser obtido com a utilização de agregados reciclados, que além de apresentarem custo inferior aos agregados naturais, diminuem a extração de matéria prima natural, e mitigam impactos ambientais com uma destinação final correta e menos agressiva, que além do ganho ambiental proporciona obras sustentáveis e de baixo custo.

Palavras-Chave: Resíduos sólidos. Reciclagem. Destinação final.

INTRODUÇÃO

A revisão de literatura em palavras mais simples é um levantamento literário do que há de mais atual sobre um tema. A revisão de literatura deve conter informações atuais sobre a problemática a ser estudada, razão pela qual se torna muito importante para o pesquisador que se inicia a Pesquisa Científica, porque o auxilia a definir com precisão o objeto de sua

²⁷ Engenheiro Civil – Faculdade Evangélica de Jaraguá.


²⁸ Engenheira Civil – Faculdade Evangélica de Jaraguá.

²⁹ Professor, do curso de Engenharia Civil – Faculdade Evangélica de Jaraguá.

³⁰ Coordenador do curso de Engenharia Civil - Faculdade Evangélica de Jaraguá.

³¹ Professor do curso de Engenharia Civil – Faculdade Evangélica de Jaraguá.

³² Coordenadora do curso de Engenharia Civil - Centro Universitário Araguaia – UniAraguaia.



investigação, e também lhe mostra se a pesquisa que realiza pode trazer uma nova contribuição ou conhecimento. (Ciribelli, 2003, p. 88).

Os resíduos da construção e demolição também são conhecidos popularmente como entulhos, conforme D'almeida e Vilhena (2000, p. 179) que o define como sendo “Um conjunto de fragmentos ou restos de tijolo, concreto, argamassa, aço, madeira, etc., provenientes do desperdício na construção, reforma, e/ou demolições de estruturas, como prédios, residências e pontes”.

A Resolução CONAMA nº 307/2002 define os resíduos da construção civil (RCC) como sendo aqueles:

“São os provenientes de construções, reformas, reparos e demolições de obras de construção civil, e os resultantes da preparação e da escavação de terrenos, tais como: tijolos, blocos cerâmicos, concreto em geral, solos, rochas, metais, resinas, colas, tintas, madeiras e compensados, forros, argamassa, gesso, telhas, pavimento asfáltico, vidros, plásticos, tubulações, fiação elétrica etc., comumente chamados de entulhos de obras, caliça ou metralha.”


No Brasil existe a Lei nº 12.305, de 2 de agosto de 2010, que institui a Política Nacional de Resíduos Sólidos que define os resíduos da construção civil (RCC) como: aqueles que são gerados em obras de construção, reformas, reparos e demolições, até mesmo aqueles gerados de atividades da construção civil como terraplanagem, escavação e movimentação de solo mesmo.

O CONAMA classifica e diferencia os resíduos sólidos da construção civil (RCC) em quatro classes, que serão mostradas posteriormente.

Essa diferenciação feita pelo CONAMA 307/2002 de classificar os RCC em quatro classes distintas, foi criada de forma a facilitar para o gerador os possíveis destinos mais favoráveis para cada tipo de resíduo e com isso consequentemente contribuindo para um menor custo de disposição final e preservando o meio ambiente (Brasil, 2002).

De acordo com Neto (2005), os resíduos da construção civil (RCC) podem ser gerados em diferentes tipos de obras como na construção de novas obras, reformas, reparos, demolições, restaurações e de infraestrutura, ou seja, qualquer atividade do setor da construção civil pode gerar resíduos de quantidades e composições diferentes, a quantidade e composição variam muito no tipo de obra executada e em suas fases em execução.

A quantidade de RCC gerados no Brasil bem como estudo realizado pela ABRELPE e IBGE (2012), mostra que no ano de 2011 o volume de RCC coletado foi de 106.549



toneladas/dia, logo no ano de 2012 o volume foi de 112.248 toneladas/dia, o que implica um aumento de mais de 5% da geração de RCC no Brasil.

Brasileiro & Matos (2015) realizaram revisão bibliográfica recente, cujas pesquisas retratam a preocupação quanto à geração dos resíduos provenientes da indústria da construção não somente no Brasil, mas em todo o mundo. De acordo com os autores, os estudos realizados indicaram que o primeiro passo para o adequado gerenciamento dos resíduos de construção e demolição (RCD) está na obtenção do diagnóstico local. Ressaltaram ainda que, com a Política Nacional de Resíduos Sólidos, espera-se que cada estado da federação adote medidas de reciclagem de (RCD), desde a implantação de usinas de britagem para a produção de agregados reciclados até a implantação de medidas que garantam a sua utilização.

Os (RCC) são originários de diversas atividades da construção civil como, por exemplo, construções, reformas, reparos, ampliação da edificação, ou seja, são de diversas origens.

Os principais locais que os gerados são atraídos para o descarte dos (RCC), são áreas de preservação ambiental, margens de corpos d'água ou em áreas de mata ciliar, e devido ao alto despejo de (RCC) nesses locais vão surgindo os graves problemas ao meio ambiente como: soterramento da vegetação, alteração da qualidade do solo em função da não segregação dos resíduos e da presença de matérias químicas como, por exemplo: resto de tintas e outros (CORNELI, 2009).


Da mesma forma Gaede (2008) a disposição irregular de (RCC) geralmente parte de uma população mais carente que não possui uma condição financeira boa para poder contratar um serviço que proporcione um destino adequado para o descarte dos resíduos gerados em suas obras de reforma, reparo ou construções. Esses locais de descarte irregular geralmente estão localizados nas periferias das cidades, ou seja, locais onde possui maior número de áreas livres.

O setor da construção civil além de ser um dos grandes geradores de resíduos como visto na pesquisa realizada pela (ABRELPE; IBGE, 2012), também é um grande consumidor de recursos naturais conforme John (2000).

A princípio Santos (2007), as extrações de recursos naturais para abastecer o setor da construção civil são elevadas. Logo o processo de mineração e o processamento desses materiais geram impactos ao meio ambiente como: desmatamento, erosão do solo, poluição do ar, e poluição da água.

Uma maneira de diminuir o uso contínuo de recursos naturais que cada vez mais estão sendo escassos seria fazer o reaproveitamento ou a reciclagem dos (RCC).

Os resíduos produzidos nos canteiros de obras podem ser utilizados na mesma obra, mas



para que isso ocorra é necessário que o responsável pela obra gerencie todo um procedimento para que nada seja desperdiçado no canteiro de obras e sim reaproveitado. A maneira de gerenciamento desses resíduos vai variar de cada local, pois conforme Santos (2008) as características socioeconômicas e culturais de cada Município são distintas.

No Brasil foi criada a resolução CONAMA 307/2002 de modo a incentivar o gerador de RCC a implantar um sistema de gerenciamento que prioriza a redução da geração de resíduos nos canteiros de obras, em seguida a reutilização desse processo do qual é muito viável, pois não a necessidade de utilização de novas fontes energéticas, caso nada disso seja possível deve-se destinar os resíduos para um local de reciclagem.


Os processos para separação e beneficiamento dos resíduos de construção e demolição (RCD) são inspirados em técnicas utilizadas há bastante tempo em operações de beneficiamento de minérios. Tais processos baseiam-se essencialmente em moagem (trituração) e peneiramento do (RCD). Muitas das vezes um simples peneiramento do entulho permite separar um material passível de reutilização na obra, com características semelhantes à brita 1(um), pedrisco ou areia.

A reciclagem de (RCC) é uma atividade muito antiga, pois o continente Europeu utilizou desse meio para a reconstrução de seu continente após a segunda guerra mundial, que desde essa época aos tempos de hoje essa técnica vem sendo utilizada pela Europa em especial a Holanda (Vedroni, 2007).

Desde já Ricci (2007) diversos países da Europa estão descartando o uso de aterros para destinação dos (RCC), a maneira da qual esses países estão resolvendo isso é em relação ao incentivo da reciclagem com a implantação de novas leis nos países e rigorosas taxas que são cobradas para a destinação dos (RCC) em aterros.

No Brasil muitas Prefeituras Municipais realizam a coleta e em seguida fazem a reciclagem dos (RCC), e algumas construtoras de obras de edifícios estão implantando um sistema de reaproveitamento com equipamento de trituração dos resíduos, com um investimento baixo se comparado com os prejuízos com que os resíduos trazem para a sociedade (D'almeida; Vilhena, 2000).

Bem como Moreira, Dias e Rezende (2007), o uso de agregados derivados dos (RCC) para camadas de pavimentação, além de diminuir os impactos ambientais gerados ao meio ambiente, eliminará um grande problema que empresas do ramo vêm enfrentando que é a dificuldade de encontrar jazidas de materiais adequados e localizadas em locais com uma



distância razoável para o transporte e que sejam utilizados como agregado de camadas para pavimentação.

Sob o mesmo ponto de vista Hortegal, Ferreira e Sant'Ana (2009), um estudo realizado na cidade São Luís-MA, mostraram que foram coletados (RCC) em duas obras distintas com características diferentes, ou seja, uma de reforma e outra de construção. Os resultados foram satisfatórios em termos de reutilização dos resíduos reciclados para pavimentação, pois se utilizar uma mistura de 50% de solo mais 50% de (RCC) ou 70% de solo mais 30% de (RCC) essa mistura pode ser utilizada como sub-base para pavimentação de vias de baixo volume de tráfego, e para reforço de subleito uma mistura de 30% de solo mais 70% de (RCC), todas essas misturas propostas pelo autor estão respeitando a NBR 15115.

No Brasil existem diversos equipamentos e máquinas para reciclar os (RCC), logo D'almeida e Vilhena (2000), para implantar um sistema de reaproveitamento e reciclagem dos (RCC) gerados no Município primeiramente deve fazer um planejamento do sistema de reaproveitamento dos (RCC) que envolve diversas questões a serem analisadas como: da maneira mais adequada de coleta de (RCC) para o Município, minimizar ou eliminar o despejo irregular de resíduos no Município, o custo financeiro com equipamentos e pessoal para aplicação do sistema.

Existem três requisitos básicos que devem ser atendidos para aplicação de um sistema de reaproveitamento de (RCC) com o auxílio de equipamentos e máquinas próprias para o fim desejado que seja a geração de agregados reciclados: i. Deve se fazer a triagem do entulho bruto em um local adequado com o trabalho do pessoal e equipamentos selecionado para essa função; ii. É a trituração dos (RCC) com equipamento adequado para o volume gerado no local; iii.: verificar a qualidade de agregados gerados após o processo que dependerá basicamente da composição do entulho, a granulometria do agregado que dependerá da trituração e do peneiramento (D'almeida; Vilhena, 2000).

O trabalho teve como objetivo identificar e expor os tipos de resíduos sólidos da construção civil; descrever as técnicas, tipos de processamento, reciclagem e reuso dos resíduos sólidos da construção civil e propor possíveis soluções para a destinação final dos resíduos sólidos da construção civil.

MATERIAL E MÉTODOS

Coleta de Dados

Para o desenvolvimento deste projeto, será usado o método qualitativo, que frequentemente Denzin e Lincoln (2006), envolvem uma abordagem interpretativa do mundo, o que significa que seus pesquisadores estudam as coisas em seus cenários naturais, tentando entender os fenômenos em termos dos significados que as pessoas a eles confere. Seguindo essa linha de raciocínio, Vieira e Zouain (2005) afirmam que a pesquisa qualitativa atribui importância fundamental aos depoimentos dos atores sociais envolvidos, aos discursos e aos significados transmitidos por eles. Nesse sentido, esse tipo de pesquisa preza pela descrição detalhada dos fenômenos e dos elementos que o envolvem.


O trabalho será dividido em duas etapas, sendo que a primeira será realizada através de uma coleta de informações em dados secundários, onde serão analisados livros e artigos científicos específicos, a fim de captar informações sobre as palavras-chave do tema abordado no projeto, a fim de realizar um levantamento qualitativo das informações a serem utilizadas no processo de pesquisa, de modo a identificar os tipos de resíduos sólidos provenientes da construção civil. Através das pesquisas serão identificados os tipos de resíduos sólidos que são gerados na construção civil, identificando os processos de reciclagem e as possíveis soluções para a destinação final dos resíduos sólidos da construção civil.

A segunda fase, após a triagem das informações coletadas, os dados serão utilizados para responder os questionamentos abordados nos objetivos.

Análise de Dados

Segundo André e Lüdke (1986 p.45), analisar os dados qualitativos significa “trabalhar” todo o material obtido durante a pesquisa, ou seja, os relatos das observações, as transcrições de entrevistas, as análises de documentos e as demais informações disponíveis.

A partir das informações coletadas será possível identificar e quantificar os tipos de resíduos, bem como sua classe, conforme as normas nacionais de gerenciamento de resíduos sólidos da construção civil. Onde será estabelecida uma melhor organização dos canteiros de obras, quanto à separação de cada tipo de resíduos, criando um sistema integrado de transporte, tanto para a reciclagem quanto para a destinação final. Criar um plano de gerenciamento para a reciclagem e reuso dos resíduos sólidos, onde será proposta a utilização de técnicas e tipos de processamento para o reaproveitamento dos resíduos, transformando-os em matéria prima para



a fabricação de agregados e novos produtos, bem como a sua reutilização de forma sustentável, buscando possíveis benefícios e vantagens, que possam diminuir os impactos ambientais.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Identificar e expor os tipos de resíduos sólidos da construção civil

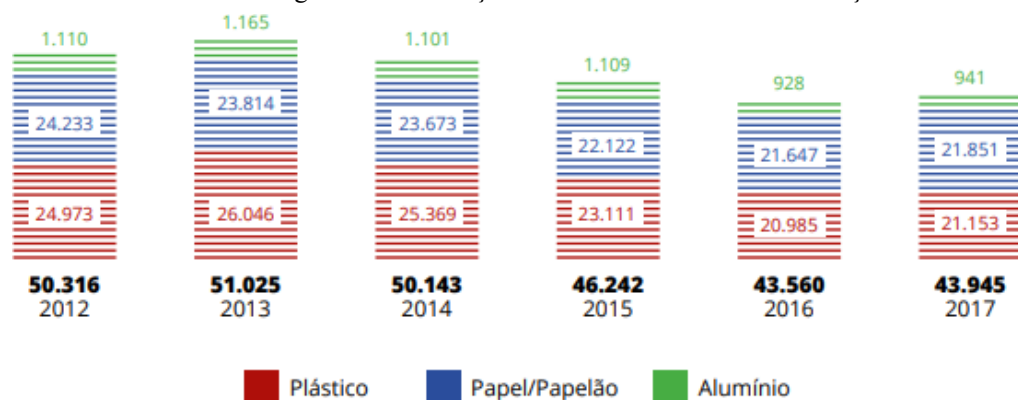
A indústria da construção civil é uma atividade de suma importância para o desenvolvimento de uma nação, todavia é causadora de grande impacto ambiental ao longo de todo seu processo produtivo, no qual inclui a ocupação do solo, extração de recursos naturais, transporte e armazenamento de matéria prima, e principalmente a geração de resíduos sólidos. Apesar de todos os benefícios gerados pelo crescimento do setor de construção civil, tais mudanças também trouxeram um lado negativo, causado pelos impactos ambientais. Como é o caso, por exemplo, da quantidade de resíduos sólidos advindos dessas construções. Normalmente os resíduos do setor são acumulados na frente das obras e se iniciam com pequenas quantidades que são geradas nas fases iniciais e aumentam visivelmente quando a obra vai chegando aos estágios finais.

A procedência dos resíduos da construção civil (RCC) é instituída pela Resolução (CONAMA) nº 307, 431, 348 respectivamente, Brasil (2002) a qual define que os resíduos da construção civil: são os provenientes de construções, reformas, reparos e demolições de obras de construção civil, e os resultantes da preparação e da escavação de terrenos, tais como: tijolos, blocos cerâmicos, concreto em geral, solos, rochas, metais, resinas, colas, tintas, madeiras e compensados, forros, argamassa, gesso, telhas, pavimento asfáltico, vidros, plásticos, tubulações, fiação elétrica etc., comumente chamados de entulhos de obras, caliça ou metralha. A classificação dos resíduos da construção civil (RCC) é dividida em quatro grupos, sendo eles: classe A - são os resíduos reutilizáveis ou recicláveis como agregados tais como: componentes cerâmicos, argamassa, concreto, entre outros; classe B - compreendem os resíduos recicláveis para outras destinações, tais como plásticos, papelão, metais, vidros, papel, madeiras, gesso, entre outros; classe C são os resíduos para os quais não foram desenvolvidas tecnologias ou aplicações economicamente viáveis que permitam sua reciclagem ou recuperação, como por exemplo: vidros, espelhos, telhas termo acústicas; classe D - são os resíduos perigosos, tais como tintas, solventes, óleos, amianto, entre outros, ou aqueles contaminados ou prejudiciais à saúde, (Vargas, 2018).

Sendo assim, os resíduos sólidos da construção civil podem ser identificados como tijolos, telhas, revestimento cerâmico, pisos, azulejos, britas, pedra, areia, cascalho, mármore,


blocos e tubos de concreto, concreto simples, concreto armado, argamassa, solos, placas de gesso, vidros, pontas de vergalhões de aço, arames, pedaços de chapas de aço, latões, caixas, pregos, parafusos, alumínio, pedaços de madeiras, papelão, plástico, conduites, mangueiras, tubos, PVC, isopor, materiais betuminosos, asfalto, papel de embalagens, sacos, sacarias, tintas, seladores, textura, vernizes, solventes, restos de vegetação, raízes e materiais orgânicos. De acordo com Mello *et al* (2017, p. 1354) os principais resíduos gerados pela construção civil são “madeira, cimento, concreto, plástico, PVC, papel, papelão, vidro, tintas, aço, alumínio, tijolos, piso cerâmicos e demais componentes do entulho de obras, decorrente de falhas construtivas, erros de projeto e de execução, má qualidade dos materiais utilizados e falta de qualificação da mão de obra”. A porcentagem de contribuição de cada resíduo pode ser observada no gráfico 1.

Gráfico 1. Porcentagem de contribuição dos resíduos sólidos da construção civil



Conforme apresentado no gráfico 1, entre os anos de 2012 a 2015, o plástico apresentou o maior índice de contribuição, com 26.046 toneladas dentre os três tipos de resíduos sólidos pesquisados, seguido pelo papel/papelão com 23.814 toneladas e o alumínio com 1.165 toneladas. No entanto, pode-se observar que no ano de 2016 e 2017 que o cenário mudou, onde o papel/papelão superou o plástico, com 21.851 toneladas na porcentagem de resíduos gerados. Outro fator bastante importante a ser observado é com relação ao volume gerado, que no ano de 2012 foi de 50.316 ton., e no ano de 2017 foi de 43.945 ton., sofrendo assim uma redução significativa na quantidade de resíduos sólidos gerados nos canteiros de obras.

O entulho é gerado muitas vezes por deficiências nas atividades realizadas no canteiro de obras, tais como: erros de projeto, má execução, matéria prima de má qualidade e dos processos da construção civil, tais como: falhas na execução, erros humanos, de serviços, perdas por mau armazenamento, das reformas ou reconstrução, Melo e Frota (2014). De acordo com Siegel (2017) a composição dos resíduos sólidos da construção civil é classificada conforme art.



3º da resolução nº 307 do Conselho Nacional do Meio Ambiente, Brasil (2002) na prática os resíduos da construção resumem-se a materiais cerâmicos, argamassa e seus componentes, que representam em média 90% de todos os resíduos gerados em obras. Segundo Mazur (2015) esses resíduos são provenientes de erros encontrados nos projetos, tais como: falhas no transporte, falhas no armazenamento e na organização ao dispor os materiais no pátio da empresa, desperdício dos materiais e vários outros. Apesar do setor de construção civil ser o setor que mais cresce em todo o mundo e o principal gerador de resíduos de toda a sociedade, sua vantagem é que cerca de 80% desse volume de resíduos gerados podem ser reciclados. Além de redução da superexploração de jazidas minerais para extração de recursos naturais não renováveis, há também, a carência de locais para a deposição desses resíduos, fazendo com que as distâncias entre os locais de demolição e as áreas de disposição sejam cada vez maiores, onerando os custos de transporte. A reciclagem de RCD contribui também para a ampliação da vida útil dos aterros, especialmente em grandes cidades, em que a construção civil é intensa e há escassez de área para deposição. (Brasileiro e Matos, 2015).

As perdas ocasionadas pelo desperdício dos materiais durante a construção de uma edificação são as grandes responsáveis pela geração de resíduos de construção e demolição (RCD) no canteiro de obras, Matuti e Santana (2019). Estas perdas podem ocorrer em diferentes fases da obra e por distintos motivos: perda ocasionada por superprodução, quando, por exemplo, produz-se argamassa em quantidade superior à necessária para o dia de trabalho; perda por manutenção de estoques, podendo induzir os operários a reduzirem os cuidados com os materiais por saber que existe grande quantidade armazenada; perda durante o transporte, quando, por exemplo, os blocos cerâmicos quebram por serem carregados em carrinhos-demão não apropriados ou o saco de cimento rasga por ser carregado no ombro do trabalhador; perda pela fabricação de produtos defeituosos, quando, por exemplo, durante a inspeção de qualidade é verificado que uma parede foi construída em desacordo com o projeto, ou quando o projeto sofre alteração, ou ainda quando, no ato da desforma de uma peça estrutural, constata-se que a concretagem foi mal executada; perda no processamento em si, quando, por exemplo, são feitos recortes em placas cerâmicas ou quebras em blocos cerâmicos para adequação com a área construída. Os materiais que normalmente são desperdiçados em maior quantidade nos canteiros de obra são o cimento, a areia e a argamassa, não necessariamente nesta ordem. E a ocorrência de perdas acontece com mais intensidade no estoque e no transporte dos materiais do que durante o processamento em si (Formoso *et al*, 1996, p. 18).


Descrição das técnicas, tipos de processamento, reciclagem e reuso dos resíduos sólidos da construção civil

A princípio o elevado crescimento populacional do Brasil nas últimas décadas, é essencial ter uma infraestrutura urbana adequada para suprir as necessidades da população. Desta maneira, o setor da construção civil torna-se essencial para a construção de moradias, prédios públicos, escolas, hospitais, obras rodoviárias, de saneamento básico, gerando assim uma quantidade significativa de resíduos sólidos, que na maioria das vezes são descartados como lixo, sendo que os mesmos poderiam ser reciclados e reutilizados. Bem como o avanço da construção civil no Brasil, há a produção anual de 84 milhões de m² de resíduos conhecidos como Resíduo de Construção e Demolição (RCD), e menos da metade são reciclados ou reaproveitados (Niero, 2016).

A Política Nacional de Resíduos Sólidos foi disposta pela Lei n. 12.305, de 02 de agosto de 2010. Esta apresenta em seus princípios, as diretrizes relacionadas à gestão integrada e ao gerenciamento de resíduos sólidos, incluindo os perigosos, às responsabilidades dos geradores e do poder público e aos instrumentos econômicos aplicáveis. Esta lei define que os resíduos sólidos podem ser material, substância, objeto ou bem descartado resultante de atividades humanas em sociedade, cuja destinação final se propõe procederem ou se está obrigado a proceder, nos estados sólido ou semissólido, bem como gases contidos em recipientes e líquidos cujas particularidades tornem inviável o seu lançamento na rede pública de esgotos ou em corpos d'água, ou exijam para isso soluções técnicas ou economicamente inviáveis em face da melhor tecnologia disponível (Brasil, 2010).


Para Pinto, Melo e Notaro (2016) A geração de resíduos na construção civil varia de acordo com a localidade, com o método construtivo, com a disponibilidade de matéria-prima local, com a densidade demográfica, entre outros fatores peculiares que interferem no tipo e no volume de (RCC). Portanto, todo método deve ser analisado com cuidado, pois podem ocorrer variações numéricas relativas à diversidade dos fatores que interferem na taxa de geração de (RCC). No entanto, é notório que alguns municípios enfrentem problemas com a ausência na gestão, em especial no que diz respeito à Política Nacional de Resíduos Sólidos (PNRS), comprometendo o processo de quantificação dos resíduos gerados. Desse modo, faz-se necessário a utilização de técnicas quantitativas específicas para cada localidade, considerando sua categoria, precedentes e consequências.

Para a correta implantação de um sistema de gerenciamento de resíduos sólidos da construção civil e de processos de reutilização e reciclagem de resíduos sólidos faz-se




necessário seguir na íntegra as normas e exigências estabelecidas pela Associação Brasileira de Normas Técnicas, como forma de fazer o correto manejo dos resíduos, que vai desde a triagem até a destinação final. Como forma de atender a demanda crescente no rigor da legislação, a Associação Brasileira de Normas Técnicas (ABNT) publicou normas que estabelecem requisitos necessários para utilização e reciclagem dos resíduos de construção civil (RCC), sendo elas: ABNT NBR 15112/2004, áreas de transbordo e triagem; ABNT NBR 15113/2004, Aterros; ABNT NBR 15114/2004, áreas de reciclagem, ABNT NBR 15115/2004, para utilização de (RCC) em camadas de pavimentação (reforços do subleito, sub-base e base), e ABNT NBR 15116/2004, que trata dos resíduos para pavimentação e preparo de concreto utilizado sem função estrutural, sendo que esta última encontra-se em processo de atualização e revisão. Visando obter melhor aproveitamento no que diz respeito às tecnologias de tratamento dos resíduos sólidos, a Política Nacional de Resíduos Sólidos define que os resíduos devem ter uma destinação final ambientalmente adequada, sendo constituída pela reutilização, reciclagem, compostagem, recuperação e o aproveitamento energético, além de outras destinações admitidas pelos órgãos competentes, observando normas operacionais específicas de modo a evitar danos ou riscos à saúde pública, segurança e minimizar os impactos ambientais adversos. Entretanto, para se fazer o correto tratamento dos resíduos sólidos e conseqüentemente a correta destinação final dos mesmos, minimizam-se assim os riscos a saúde pública, pois, uma quantidade menor de resíduos sólidos será descartada de maneira incorreta no meio ambiente. A prática da reciclagem depende da implantação de tecnologias em máquinas e equipamentos necessários para a realização das etapas do processo de reciclagem, que transformam o entulho em agregados. De acordo com Miranda, Angulo e Careli (2009, p. 65) os processos de reciclagem de RCCs em quase todas as usinas brasileiras são bem semelhantes, sendo estas compostas por: alimentador vibratório, transportadores de correia, britador de impacto ou mandíbula, eletroímã e peneira vibratória. Nesse sentido, a reciclagem implica em fazer retornar ao ciclo de produção os materiais, como, papel, plástico, vidro, metal e matéria orgânica que foram usados e descartados. O inciso XIV, em seu art. 3º da lei 12.305/2010, define reciclagem como:

Reciclagem: processo de transformação dos resíduos sólidos que envolvem a alteração de suas propriedades físicas, físico-químicas ou biológicas, com vistas à transformação em insumos ou novos produtos, observadas as condições e os padrões estabelecidos pelos órgãos competentes do Sistema Nacional do Meio Ambiente (SISNAMA) e, se couber do Sistema Nacional de Vigilância Sanitária (SNVS) e do Sistema Unificado de Atenção à Sanidade Agropecuária SUASA” (Brasil, 2010).



De modo a cumprir com as leis vigentes e aplicáveis aos resíduos sólidos, deve-se analisar e pesquisar o melhor método para tratar seus resíduos. O objetivo maior das tecnologias de tratamento de resíduos é diminuir os impactos ambientais no meio ambiente e para a saúde humana, além de, em alguns casos, gerar retorno financeiro para as organizações. As tecnologias podem consistir em: disposição final ou tratamento intermediário, para diminuir a periculosidade dos mesmos, possibilitando a sua reutilização ou reciclagem. Há tecnologias capazes de realizar com eficiência as etapas desde: coleta, seleção, tratamento, reintrodução nas cadeias produtivas e destinação final dos rejeitos.

Algumas dessas tecnologias podem ser vistas logo depois. i. Combustíveis Derivados de Resíduos: são definidos como combustíveis preparados a partir de resíduos não perigosos, cuja utilização visa à recuperação de energia em unidades de incineração ou de co-incineração reguladas pela legislação ambiental, Persu (2014). ii. Sensores Óticos ou Fotoelétricos: têm como princípio de funcionamento o uso da propagação da luz. Este tipo de sensor é utilizado geralmente na medição da distância entre um objeto e o sensor. A luz emitida pelos sensores óticos pode ser de diferentes tipos e cada tipo é indicado para uma determinada aplicação. A luz vermelha é indicada para detecção de objetos opacos de médio e grande porte, como caixas de papelão e embalagens não metalizadas. A luz laser é utilizada para detecções mais precisas envolvendo objetos de pequeno porte, devido ao feixe de emissão da luz ser estreito e direcionado. E por último, a luz infravermelha é utilizada quando há a necessidade de se detectar objetos transparentes, como vidro, garrafas de plástico entre outros objetos, Correia (2016). iii. Pirólise: essa tecnologia realiza a destruição térmica de materiais orgânicos, como na incineração. Entretanto, o processo da pirólise é realizado na ausência total ou parcial de um agente oxidante absorvendo o calor. Dessa forma, qualquer tipo de material orgânico se decompõe, dando origem a três fases: uma sólida, o carvão vegetal; outra gasosa; e, finalmente, outra líquida, frequentemente designada de fração pirolenhosa (extrato ou bio-óleo) Ribeiro e Amaral (2013, p. 52). iv. Plasma Térmico: essa tecnologia compreende a criação de um arco elétrico sustentado pela passagem de corrente elétrica através de um gás em um processo chamado de ruptura dielétrica. A vantagem desse processo decorreria da eficiência do mesmo, no tratamento de resíduos e efluentes perigosos. A desvantagem, a seu turno, decorreria do elevado custo associado ao consumo de energia elétrica para obtenção do plasma térmico, Barros (2013). v. Gaseificação: também é um processo de decomposição da matéria orgânica em que há conversão de matéria-prima sólida ou líquida em gás, por meio de oxidação parcial, sob a aplicação de calor. Ocorrem a partir da reação de carbono com o vapor para produção de



hidrogênio, dióxido e monóxido de carbono, metano, nitrogênio e vapor d'água (FEAM, 2012, p. 34).

A reciclagem de resíduos sólidos da construção civil está cada vez mais sendo implantada e implementada pelas construtoras, pois, esse procedimento minimiza a extração de recursos naturais, proporcionando obras sustentáveis e de baixo custo para as empreiteiras, fato esse que chamou muito a atenção do setor, pois através da reciclagem foi possível ter uma redução significativa dos custos de uma obra, ao mesmo tempo, aliada a redução dos resíduos sólidos, minimizando assim os impactos ambientais. O processo de reciclagem é uma ferramenta vital para melhorar a qualidade ambiental e a saúde humana. Segundo MMA (2017) a reciclagem é um conjunto de técnicas de reaproveitamento de materiais descartados, reintroduzindo-os no ciclo produtivo, transformando objetos e materiais usados em novos produtos para o consumo. Deste modo faz-se necessário a elaboração do Plano de Gerenciamento de Resíduos que é um documento técnico que identifica a tipologia e a quantidade de geração de cada tipo de resíduos e indica as formas ambientalmente corretas para o manejo, nas etapas de geração, acondicionamento, transporte, transbordo, tratamento, reciclagem, destinação final.

Conforme a Resolução do Conselho Nacional do Meio Ambiente, Brasil (2002) o gerenciamento de resíduos da construção civil deve abranger o conjunto de ações exercidas, direta ou indiretamente, nas etapas de coleta, transporte, transbordo, tratamento e destinação final ambientalmente adequada dos resíduos sólidos. Aliado a esse panorama, em seu artigo 18 a Política Nacional de Resíduos Sólidos, condiciona a elaboração do Plano Municipal de Gestão Integrada de Resíduos Sólidos pelas prefeituras como requisito para obtenção de repasses de verbas destinadas aos serviços de limpeza dos municípios. Ainda, no artigo 20, indica-se a necessidade da elaboração do Plano de Gerenciamento de Resíduos Sólidos para empreendimentos cujos resíduos gerados, mesmo sendo caracterizados como não perigosos, por sua natureza, composição ou volume, não são equiparados aos resíduos domiciliares, como por exemplo, as organizações de construção civil (Brasil, 2010).

Para se aplicar um apropriado gerenciamento dos resíduos da construção civil (RCC) é necessária uma prévia caracterização dos resíduos a serem gerados, identificando um a um os resíduos que são gerados no canteiro de obras e suas respectivas classes. Essa caracterização norteia a definição das etapas do Plano de Gerenciamento de Resíduos da Construção Civil (PGRCC), como i. segregação, ii. acondicionamento, iii. transporte, iv. tratamento dos resíduos e v. disposição final dos rejeitos, sendo a necessária apresentação deste plano para adequação

à legislação vigente. Um dos pré-requisitos para incremento dos índices de reciclagem mecânica da fração seca dos resíduos sólidos urbanos (RSU) é a correta segregação na fonte e posterior disponibilização para coleta seletiva, sistemas de triagem, logística reversa ou outra forma que resulte no aproveitamento efetivo desse montante (ABRELPE, 2017, p. 65).

1º etapa: Segregação ou triagem é bem relevante para o processo de gerenciamento dos resíduos da construção e demolição (RCD), pois, se bem executada, possibilitará a máxima reciclagem dos resíduos, considerando que estes sejam encaminhados para usinas de reciclagem. (Figura 1). Para que os resíduos sejam reciclados e reaproveitados como matéria-prima, as características do produto reciclado devem ser compatíveis ao uso a que ele se propõe Silva *et al* (2016) consideram que, para realizar a segregação de RCD nos canteiros de obras, pode-se utilizar a mão de obra que deve ser previamente treinada. Além da triagem auxiliar à reciclagem dos resíduos, também pode contribuir para a organização e limpeza do canteiro, beneficiando na redução de acidentes de trabalho causados pela desordem dos canteiros de obras.

Figura 1: Segregação de resíduos sólidos no canteiro de obra



Fonte: Google (2019).

2º etapa: De acordo com a NBR 12.980/1993, acondicionamento é o ato ou efeito de embalar os resíduos sólidos para o seu transporte, em algum elemento destinado ao armazenamento temporário de resíduos que aguardam a coleta. O correto acondicionamento pode contribuir para a coleta seletiva e a reciclagem, além de otimizar a operação, prevenir acidentes, minimizar o impacto visual, olfativo, evitar poluição do meio ambiente e doenças que são causadas pelo lixo. Recipientes inadequados ou improvisados (pouco resistentes, mal

fechados ou muito pesados), com materiais sem a devida proteção, aumentam o risco de acidentes de trabalho. O manuseio e o acondicionamento correto dos resíduos possibilita a maximização das oportunidades com a reutilização e a reciclagem em virtude do menor índice de contaminação, já que alguns materiais podem tornar-se irrecuperáveis se não forem acondicionados de forma adequada, bem como permite a redução dos riscos de danos ambientais e sociais e a racionalização dos recursos despendidos no gerenciamento de resíduos (Cortês *et al*, 2018).

Segundo NBR 13463/1995, os serviços de coleta de resíduos sólidos podem ser classificados como: regular, especial, seletiva e particular. Segundo SNIS (2016) no Brasil a coleta seletiva é praticada em 35,7% do total de municípios, porém vale ressaltar que não se tem informações sobre a abrangência dessa coleta seletiva em cada município, podendo a mesma ocorrer somente em uma pequena parte como também em todo o município, contudo, é bastante nítida a incidência deste serviço nas regiões Sul e Sudeste. Independentemente das produtividades, nestas duas regiões, praticamente, 50% dos municípios afirmaram realizar o serviço de coleta seletiva, na região Centro-Oeste 23,4%, enquanto que nas regiões Norte e Nordeste este número sequer atinge 20%. (Figura 2). Com relação ao aspecto econômico, o planejamento e a organização de um bom sistema de coleta são fundamentais, uma vez que esta fase corresponde de 50% a 80%, e às vezes mais, do custo das operações de limpeza nos centros urbanos (FUNASA, 2007).

Figura 2. Acondicionamento de resíduos sólidos em baias individuais



Fonte: Google (2019).

3º etapa: O transporte interno dos resíduos consiste no processo de remoção dos resíduos presentes nos dispositivos para acondicionamento inicial e a disposição no local de acondicionamento final dentro do canteiro de obras Zanelato (2016, p. 63). Conforme Andrade *et al* (2013, p. 7) o transporte interno dos resíduos é realizado pelos funcionários com auxílios de carros de mão, sacos de lixo ou guincho, de acordo com a necessidade do tipo de resíduo a ser movimentado. (Figura 3).

A falta de grandes áreas que atendam a necessidade de construção de um aterro sanitário faz com que a distância percorrida para disposição final dos resíduos sólidos aumente com o passar dos anos, implicando em uma elevação dos custos de operação do sistema de limpeza urbana associados ao transporte e à necessidade de construção de estações de transferência, Castro, Silva, Marchand (2015). A ABRELPE em seu panorama nacional, referente ao ano de 2017, em conformidade com essa informação ao comparar que no ano de 2016 o percentual de resíduos sólidos urbanos (RSU) encaminhados aos aterros sanitários era de 59%, com aproximadamente 114.189 ton./dia, enquanto que no ano de 2017 houve um aumento nessa disposição final para 59,1%, com total registrado de 115.801 ton./dia (ABRELPE, 2017).

Figura 3. Transporte de resíduos sólidos da construção civil



Fonte: Google (2019).

4º etapa: As diferentes formas de valorização e tratamento de resíduos conseguem reduzir a quantidade a ser encaminhada para um destino final, mas não são capazes de eliminar a necessidade deste. (Figura 4). É importante, então, planejar todo o sistema de gestão de resíduos de forma que o local de destino final gere menos impactos ao ambiente, natural e urbano, onde ele está inserido, Manarino; Ferreira e Gandolla (2015). No art. 9º a Política Nacional de Resíduos Sólidos define que antes de se chegar uma disposição final é necessária seguir uma ordem de prioridade no gerenciamento dos resíduos sólidos, com a seguinte sequência: não geração, redução, reutilização, reciclagem, tratamento dos resíduos sólidos e

disposição final ambientalmente adequada dos rejeitos. Após a redução dos resíduos gerados, o próximo passo seria a reutilização dos materiais sem qualquer tipo de beneficiamento. Como fazer o tratamento dos resíduos nem sempre é possível e há a necessidade de solucionar o problema da grande quantidade de resíduos da construção civil (RCC), da demanda de matéria-prima, dos problemas de gerenciamento dos resíduos e do impacto ambiental causado, deverá ser feita a reciclagem do material. Para isso, é necessário fazer algum tipo de beneficiamento para que possam ser utilizados.

Figura 4. Tratamento dos resíduos sólidos da construção civil



Fonte: Google (2019).

5º etapa: A disposição final adequada de resíduos sólidos urbanos (RSU) registrou um índice de 59,1% do montante anual encaminhado para aterros sanitários. (Figura 5). As unidades inadequadas como lixões e aterros controlados, porém, ainda estão presentes em todas as regiões do país e receberam mais de 80 mil toneladas de resíduos por dia, com um índice superior a 40%, com elevado potencial de poluição ambiental e impactos negativos à saúde. A disposição final dos resíduos sólidos da construção civil no Brasil se dá através dos aterros sanitários, aterros controlados e lixões, sendo que os volumes dispostos nos mesmos no ano de 2017 representam respectivamente 59,1%, 22,9% e 18% ABRELPE (2017). Ainda é importante ressaltar que o único material a ser destinado em aterros sanitários são os rejeitos, materiais esses sem potencial de reuso ou reciclagem, para os demais rejeitos se devem buscar meios para reutilização (Spinola, 2017).

Figura 5. Disposição final de resíduos sólidos da construção civil em aterro de inertes



Fonte: Google (2019).

Os resíduos de construções e demolições representam de 40 a 70% de todos os rejeitos sólidos nas cidades brasileiras de médio e grande porte. A produção anual gira em torno dos 84 milhões de m³ e menos da metade dessa quantidade (cerca de 46%) é reciclada, Niero (2016). De acordo com a Resolução n° 307 do Conselho Nacional do Meio Ambiente, Brasil (2002) a reutilização de resíduos consiste no processo de reaplicação do resíduo, sem que ocorra a transformação do mesmo. A reutilização hoje se torna de fundamental importância tendo em vista a escassez de matéria-prima cada vez maior no planeta. Os resíduos de construção apresentam grande potencial para sua reutilização, gerando novos materiais ou agregados, também sendo aplicando na composição de materiais já existentes para melhorar sua qualidade, durabilidade ou resistência. A reutilização feita conforme as normas gera grande benefício ao meio ambiente, diminuindo a quantidade de resíduos que seriam descartados de maneira incorreta que iriam para na natureza ou até mesmo na zona urbana. (Matuti e Santana, 2019).

A reutilização de materiais, tanto em usinas de reciclagem como no canteiro de obras, é uma prática que pode gerar lucro para o construtor, pois o simples reuso do material na obra já o libera do ônus de pagar para um terceiro retirar, tratar ou enviar para um aterro específico de resíduos da construção civil. A variação da porcentagem da reciclagem dos resíduos da

construção e demolição em diversos países é função da disponibilidade de recursos naturais, distância de transporte entre reciclados e materiais naturais, situação econômica e tecnológica do país e densidade populacional Carvalho *et al* (2014). Para realizar a reutilização de materiais é necessário levar em consideração a viabilidade econômica em cada caso, evitando sua remoção e destinação precipitada. O manejo adequado dos resíduos de obra possibilita uma identificação mais fácil de materiais reutilizáveis, ocasionando em uma maior economia, uma vez que não será necessária a aquisição de novos materiais e nem a contratação de transporte para remoção (Mattos, 2013).


Nas usinas brasileiras as principais etapas de operação observadas são ABRECON (2017, p. 108): recebimento; triagem primária; despejo dos resíduos de construção e demolição (RCD) no alimentador vibratório; britagem dos resíduos; separação magnética (ou por densidade) de metais possivelmente presentes; triagem secundária (por catação); peneiramento e classificação do material; estocagem segregada dos produtos finais para a venda. É apresentada por Silva e Paschoalin Filho (2018) a sequência de operação de uma Usina de Reciclagem de Entulhos – URE: (Figura 6).

Figura 6. Etapas de uma usina de reciclagem de entulhos. A – depósito de resíduos para triagem; B – equipamento de moagem; C – britador de mandíbula e D – agregados já reciclados classificados de acordo com sua granulometria.



Fonte: Silva e Paschoalin Filho (2018).


Conforme apresentado na figura 6, pode-se observar a sequência de operação e funcionamento de uma usina de reciclagem de entulhos, através de quatro etapas, segundo as figuras 6A, B, C e D, sendo necessário o uso de máquinas e equipamentos específicos para essa finalidade. Na figura 6A: Os resíduos são depositados na usina, em seguida são submetidos à



triagem a fim de selecionar os materiais que serão reciclados pela URE ou destinados para cooperativas. Nesta etapa os resíduos são separados conforme a sua classe, objetivando dar a destinação correta para cada um deles, encaminhando-os para os devidos processo de reciclagem; figura 6B: Os resíduos classe A, após triagem, são colocados e levados, por meio de caçambas metálicas ao equipamento de moagem, os quais serão reduzidos de acordo com a granulometria desejada, nesta etapa, possíveis resíduos de aço são separados da massa de resíduos da construção civil (RCC) por meio de eletroímãs. Nesta etapa, após, os resíduos serem devidamente separados os mesmos passam pelo processo de moagem com o objetivo de fragmentar os resíduos em frações menores e uniformes; figura 6C: neste processo os materiais são lançados dentro de um britador de mandíbula para que seja triturado, a máquina possui sistema de peneiramento onde separa o agregado miúdo do agregado graúdo. Nesta etapa, após, a moagem dos resíduos os mesmos são submetidos à trituração, onde o resíduo dá origem a um subproduto chamado de agregado, que pode ser classificado como miúdo ou graúdo; figura 6D: após os materiais serem separados no britador de mandíbula, os agregados já reciclados são separados por peneiramento e classificados de acordo com sua granulometria. Nesta etapa os resíduos já se encontram como agregados, e serão separados por processo de peneiramento, visando classificar os mesmos de acordo com o seu diâmetro.


Possíveis soluções para a destinação final dos resíduos sólidos da construção civil

A construção civil na atualidade assume seu papel de indústria competitivo, que registra os maiores índices de capacidade de emprego. Porém, ao contrário das outras indústrias de transformação, a construção civil possui peculiaridades que ao mesmo tempo em que dificultam o emprego de metodologias específicas, estimulam o sentimento de “engenhar” na busca de soluções mais econômicas e mais rápidas. Alie-se a isto a necessidade do setor de adequar-se às novas tendências industriais no que diz respeito à capacidade de reduzir-se ao mínimo o consumo dos recursos naturais e os resíduos gerados nos processos. É preciso a conscientização de que o desperdício gerado na construção civil, seja por exigências de clientes, seja por planejamento inadequado, resulta em prejuízo para toda a sociedade. Os recursos naturais utilizados na fabricação dos insumos são limitados, sendo inadmissível que estes insumos sejam devolvidos em forma de resíduos, descontroladamente ao meio ambiente, criando cada vez mais situações desfavoráveis no sistema. Racionalizar, portanto, é palavra de ordem hoje no meio industrial e a construção civil empenha-se em contribuir como um setor de fundamental importância na economia do país.



A população brasileira apresentou um crescimento de 0,75% entre 2016 e 2017, enquanto a geração per capita de resíduos sólidos urbanos (RSU) apresentou aumento de 0,48%. A geração total de resíduos aumentou 1% no mesmo período, atingindo um total de 214.868 toneladas diárias de (RSU) no país, ABRELPE (2017). Os resíduos da construção civil (RCC) são compostos basicamente por resíduos da classe A (concreto, argamassa, tijolos, revestimentos cerâmicos) e classe B (plástico, papelão, madeira, metal, gesso), correspondendo respectivamente a aproximadamente 80% e 20% do montante gerado no canteiro de obras. Contudo, os resíduos pertencentes à classe A, tem potencial para seu reaproveitamento e reutilização do material no próprio canteiro de obras (para nivelamento do solo, por exemplo), ou reciclagem a qual permite que o resíduo seja modificado por meio de fragmentação (britagem) a fim de obter o agregado reciclado que pode ser utilizado na confecção de novos materiais construtivos ou até mesmo empregado em diversas tipologias de obras (Vargas, 2018).


A resolução nº 307, do Conselho Nacional Do Meio Ambiente, Brasil (2002) enfatiza que os resíduos de construção e demolição (RCD) não podem ser dispostos em aterros de resíduos domiciliares, em áreas de descarte, em encostas, corpos d'água, lotes vagos e em áreas protegidas por lei. Para os resíduos de construção e demolição (RCD) classe A, a disposição final adequada é exclusivamente em aterro de inertes, sendo que estes resíduos devem, preferencialmente, ser reciclados. Segundo Brasil (2002) aterro de inertes é áreas onde são empregadas técnicas de disposição de resíduos da construção civil classe A no solo, visando à disposição de materiais segregados de forma a possibilitar seu uso futuro e/ou futura utilização da área, utilizando princípios de engenharia para confiná-los ao menor volume possível, sem causar danos à saúde pública e ao meio ambiente. Enquanto o aterro de inertes é uma técnica de disposição final, a unidade de triagem e compostagem (UTC), por exemplo, é uma técnica que deve preceder a etapa de disposição, uma vez que proporciona o reaproveitamento dos resíduos por meio da triagem dos materiais recicláveis e da compostagem da porção orgânica para geração de adubo orgânico, Felicori (2016). Outro método bastante eficaz para a destinação final dos resíduos sólidos da construção civil é o processo de incineração que consiste na redução de peso e volume do lixo pela combustão controlada, esse método ainda é mais utilizado para o tratamento dos resíduos hospitalares, comerciais, industriais, e de construção civil, no caso do Brasil. A incineração é um processo termoquímico de tratamento de resíduos, que consiste na combustão de resíduos sólidos e líquidos em usinas com processos controlados, com conseqüente redução do volume e da periculosidade dos resíduos. O material



incinerado produz gases de combustão, podendo ser fonte de energia graças à geração de vapor superaquecido em caldeiras de recuperação de calor. A energia recuperada pode ser utilizada para produção de calor e geração de energia elétrica (BNDES, 2014, p. 55). O Conselho Nacional do Meio Ambiente indica que os resíduos de construção e demolição (RCD) de Classe A deve ser reutilizados ou reciclados na forma de agregados. Em último caso, podem ser encaminhados para áreas de aterro de resíduos da construção civil. Contudo, quanto aos resíduos das classes B, C e D, a resolução não especifica formas de reciclagem ou reutilização para cada tipo de resíduo, apenas indica que devem ser armazenados, transportados e destinados em conformidade com as normas técnicas específicas.

Deste modo, podem-se observar algumas opções para a destinação final de componentes de obras: i. o entulho de concreto, se não passar por beneficiamento, pode ser utilizado na construção de estradas ou como material de aterro em áreas baixas. Caso passe por britagem e posterior separação em agregados de diferentes tamanhos, pode ser usada como agregado para produção de concreto asfáltico, de sub-bases de rodovias e de concreto com agregados reciclados; artefatos de concreto, como meio-fio, blocos de vedação, briquetes; ii. a madeira pode ser reutilizada na obra se não estiver suja e danificada. Caso não esteja reaproveitável na obra, pode ser triturada e usada na fabricação de papel e papelão ou pode ser usada como combustível; iii. o papel, papelão e plástico de embalagens, bem como o metal podem ser doados para cooperativas de catadores; iv. o vidro pode ser reciclado em novo vidro, em fibra de vidro, telha e bloco de pavimentação ou, ainda, como adição na fabricação de asfalto; v. o resíduo de alvenaria, incluindo tijolos, cerâmicas e pedras, pode ser utilizado na produção de concretos, embora possa haver redução na resistência à compressão, e de concretos especiais, como o concreto leve com alto poder de isolamento térmico. Pode ser utilizado também como massa na fabricação de tijolos, com o aproveitamento até da sua parte fina como material de enchimento, além de poder ser queimado e transformado em cinzas com reutilização na própria construção civil; vi. os sacos de cimento devem retornar à fábrica para utilização como combustível na produção do cimento; vii. o gesso pode ser reutilizado para produzir o pó de gesso novamente ou pode ser usado como corretivo de solo; viii. os resíduos perigosos devem ser incinerados ou aterrados com procedimentos específicos. Alguns resíduos como os de óleos, de tintas e solventes, agentes abrasivos e baterias podem ser reciclados (Cabral e Moreira, 2011, p.30).

O Conselho Nacional do Meio Ambiente (CONAMA) em suas respectivas resoluções 307, 348, 431, 467 bem como apresenta as possíveis soluções para a destinação final dos



resíduos de construção e demolição (RCD) e suas respectivas classes, Brasil (2002; 2004; 2011; 2015) são respectivamente, as classes de resíduos sólidos da construção civil são definidas da seguinte forma: Classe A, os resíduos dessa categoria podem ser reutilizados ou reciclados na própria construção civil como agregado, por exemplo: de construção, demolição, reformas e reparos de pavimentação e de outras obras de infraestrutura, inclusive solos provenientes de terraplanagem e componentes cerâmicos. Classe B são os resíduos recicláveis para outras destinações, tais como: plásticos, papel, papelão, metais, vidros, madeiras, embalagens vazias de tintas imobiliárias e gesso. Classe C, para os resíduos dessa categoria, não foram desenvolvidas tecnologias ou aplicações economicamente viáveis que permitam a sua reciclagem ou recuperação. Classe D são resíduos perigosos oriundos do processo de construção (tintas, solventes, óleos e outros) ou aqueles contaminados ou prejudiciais à saúde oriunda de demolições, reformas e reparos de clínicas radiológicas, instalações industriais e outros, assim como telhas e demais objetos e materiais que contenham produtos nocivos à saúde.

CONCLUSÃO

Em virtude dos fatos mencionados, entende-se que a indústria da construção civil ocupa uma posição de destaque na economia nacional. Por outro lado, acredita-se que a construção civil, é grande geradora de impactos ambientais, aparecendo muitas vezes como o maior gerador de resíduos sólidos de toda a sociedade. Conforme se observa é imprescindível que todos se conscientizem de que o destino dos resíduos da construção civil é de suma importância, visto tratar-se de expressivo volume, além de representar uma fonte de degradação ambiental. Bem como no que se refere tanto à sua obtenção na natureza, como à sua destinação final, que se feita de forma inadequada traz sérios danos ao meio ambiente, que também causa uma enorme demanda por espaços.

Contudo, percebe-se que se deve enfatizar o ganho ambiental, através das técnicas, dos tipos de processamento, reciclagem e reuso dos resíduos sólidos da construção civil, que pode ser obtido com a utilização de agregados reciclados, que além de apresentarem custo inferior aos agregados naturais, diminuem a extração de matéria prima natural, e mitigam impactos ambientais com uma destinação final correta e menos agressiva. A reciclagem dos resíduos sólidos da construção civil está cada vez mais sendo implantada e implementada pelas organizações, pois, além do ganho ambiental esse procedimento proporciona obras sustentáveis e de baixo custo. Portanto, o gerenciamento de resíduos da construção civil é instrumentado e

definido pela Política Nacional de Resíduos Sólidos e pela Resolução do CONAMA, que objetiva a correta gestão dos resíduos gerados nos canteiros de obras. São do conhecimento prévio dos resíduos gerados que se definem as etapas de acondicionamento, transporte, tratamento e destinação final, levando-se em conta os critérios e diretrizes da legislação pertinente.

REFERÊNCIAS

ABRECON - Associação Brasileira para a Reciclagem dos Resíduos da Construção. **Cartilha do curso de gestão integrada da construção civil e operação de usina de reciclagem de entulho 14. ed.** São Paulo. 2017. 108 p. Disponível em: https://issuu.com/abrecon/docs/cartilha-curso14ed_abrecon_leitura. Acesso em: 29 mar. 2019.

ABRELPE - Associação Brasileira de Empresas de Limpeza Pública e Resíduos Especiais. **Panorama dos Resíduos Sólidos no Brasil.** Quantidade total de RCD Coletado pelos municípios no Brasil, São Paulo, SP. 2012. 83 p. Disponível em: <http://a3p.jbrj.gov.br/pdf/ABRELPE%20%20Panorama2012.pdf>. Acesso em: 30 ago. 2018.

ABRELPE – Associação Brasileira de Empresas de Limpeza Pública e Resíduos Especiais. **Panorama dos resíduos sólidos no Brasil.** 2017, p. 14 - 65.

ANDRADE, Amanda Amorim et al. Plano De Gerenciamento De Resíduos Da Construção Civil: Um Estudo De Caso Na Obra Do Prédio Dos Laboratórios Dos Cursos De Engenharia Da Universidade Federal Do Rio Grande Do Norte. In: Xxxiii Encontro Nacional De Engenharia De Produção, 33., 2013, Salvador, BA. **Anais** Salvador, BA: Enegep, 2013. p. 1 - 25. Disponível em: http://www.abepro.org.br/biblioteca/enegep2013_tn_sto_185_056_23017.pdf. Acesso em: 4 mar. 19.

ANDRÉ, Marli E. D. A e LÜDKE, Menga. Pesquisa em educação: **abordagens qualitativas.** São Paulo: EPU, 1986. 45 p.

BARROS, Regina Mambeli. **Tratado Sobre Resíduos Sólidos: Gestão, Uso e Sustentabilidade.** 1ª Edição – 2013. Rio de Janeiro: Editora Interciência; Minas Gerais: Acta, 2013.

BNDES – Banco Nacional De Desenvolvimento Econômico e Social. **Análise das diversas tecnologias de tratamento e disposição final de resíduos sólidos urbanos no Brasil, Europa, Estados Unidos e Japão.** Jaboatão dos Guararapes, PE: Grupo de resíduos sólidos – UFPE, 2014. 55 p. Disponível em: <http://www.protegeer.gov.br/images/documents/50/7.%20BNDES,%202014.pdf>. Acesso em: 05 mar. 2019.

BRASIL - Presidência da República – Casa Civil. Lei nº 12.305 de 02 de agosto de 2010, Institua Política Nacional de Resíduos Sólidos (PNRS): **dispondo sobre seus princípios, objetivos e instrumentos, bem como sobre as diretrizes relativas à gestão integrada e ao**

gerenciamento de resíduos sólidos, incluídos os perigosos, às responsabilidades dos geradores e do poder público e aos instrumentos econômicos aplicáveis. Disponível em: http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2007-2010/2010/lei/112305.htm. Acesso em: 11 fev. 2019.

BRASIL, Conselho Nacional Do Meio Ambiente. **CONAMA N° 307:** Estabelece diretrizes, critérios e procedimentos para a gestão dos resíduos da construção civil. 1 ed. Brasília: José Carlos Carvalho, 2002. 4 p. Disponível em: http://www.mma.gov.br/estruturas/a3p/_arquivos/36_09102008030504.pdf. Acesso em: 10 ago. 2018.

BRASIL, Conselho Nacional Do Meio Ambiente. **CONAMA N° 348:** Altera a Resolução CONAMA n° 307, de 5 de julho de 2002, incluindo o amianto na classe de resíduos perigosos. 1 ed. Brasília: Marina Silva, 2004. 1 p. Disponível em: http://gestaoderesiduos.ufsc.br/files/2014/08/Conama_348_2004_Altera_307_Perigosos.pdf >. Acesso em: 13 fev. 2019.

BRASIL, Conselho Nacional Do Meio Ambiente. **CONAMA N° 431:** Altera o art. 3º da Resolução n° 307, de 5 de julho de 2002, do Conselho Nacional do Meio Ambiente CONAMA, estabelecendo nova classificação para o gesso. 1 ed. Brasília: Izabella Teixeira, 2011. 1 p. Disponível em: <http://www2.mma.gov.br/port/conama/legiabre.cfm?codlegi=649>>. Acesso em: 11 fev. 2019.

BRASIL, Conselho Nacional Do Meio Ambiente. **CONAMA N° 467:** Dispõe sobre critérios para a autorização de uso de produtos ou de agentes de processos físicos, químicos ou biológicos para o controle de organismos ou contaminantes em corpos hídricos superficiais e dá outras providências. Brasília: Izabella Teixeira, 2015. 4 p. Disponível em: http://www.icmbio.gov.br/cepsul/images/stories/legislacao/Resolucao/2015/res_conama_467_2015_disp%C3%B5e_crit%C3%A9rios_autoriza%C3%A7%C3%A3o_uso_produtos__agentes_processos_f%C3%ADsicos_qu%C3%ADmicos_biol%C3%B3gicos_controle_organismos_contaminantes_corpos_h%C3%ADricos_superficiais.pdf>. Acesso em: 14 mar. 2019.

BRASILEIRO, L. L.; MATOS, J. M. E.. Revisão bibliográfica: reutilização de resíduos da construção e demolição na indústria da construção civil. **Cerâmica**, [s.l.], v. 61, n. 358, p.178-189, jun. 2015. FapUNIFESP (SciELO). <http://dx.doi.org/10.1590/0366-69132015613581860>. Disponível em: <http://www.scielo.br/pdf/ce/v61n358/0366-6913-ce-61-358-00178.pdf>>. Acesso em: 10 fev. 2019.

CABRAL, Antonio Eduardo Bezerra; MOREIRA, Kelvya Maria de Vasconcelos. **Manual sobre os Resíduos Sólidos da Construção Civil.** Fortaleza, Ce: Sinduscon Ce, 2011. 44 p.

CARVALHO, Alexsandro; STOROPOLI, João; QUONIAM, Luc. Prospecção de Patentes para a Solução Sustentável de Problema da Indústria da Construção: O Espaçador de Concreto. **Revista Inovação, Projetos e Tecnologias**, [s.l.], v. 2, n. 1, p.115-127, 1 dez. 2014. University Nove de Julho. <http://dx.doi.org/10.5585/iptec.v2i1.21>. Disponível em: <http://www6.uninove.br/ojs/journaliji/index.php/iptec/article/view/21/48>>. Acesso em: 20 fev. 19.

CASTRO, Marcos André de Oliveira e; SILVA, Neliton Marques da; MARCHAND, Guillaume Antoine Emile Louis. Desenvolvendo indicadores para a gestão sustentável de

resíduos sólidos nos municípios de Iranduba, Manacapuru e Novo Airão, Amazonas, Brasil. **Engenharia sanitária e Ambiental**, [s.l.], v. 20, n. 3, p.415-426, set. 2015. FapUNIFESP (SciELO). <http://dx.doi.org/10.1590/s1413-41522015020000109837>. Disponível em: <<http://www.scielo.br/pdf/esa/v20n3/1413-4152-esa-20-03-00415.pdf>>. Acesso em: 1 nov. 2018.

CIRIBELLI, Marilda Corrêa. **Como elaborar uma dissertação de mestrado através da pesquisa científica**. Rio de Janeiro: 7 Letras, 2003. 222 p.

CORNELI, V. M. **Análise da Gestão de Resíduos da Construção e Demolição no Município de Campo Mourão/Paraná**. Programa de Pós-graduação em (Engenharia Urbana) - Universidade Estadual de Maringá. Maringá, 2009. 157 p.

CORREIA, Manuel Mendes. **Modelo De Apoio À Decisão Para A Utilização De Tic Na Otimização Da Recolha De Resíduos Recicláveis**. 2016. 98 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Gestão, Instituto Universitário de Lisboa, Lisboa, 2016. Disponível em: <<https://docplayer.com.br/113658355-Modelo-de-apoio-a-decisao-para-a-utilizacao-de-tic-na-otimizacao-da-recolha-de-residuos-recicla-veis.html>>. Acesso em: 20 mar. 19.

CÔRTEZ, Renata Silva et al. **Plano de Gestão de Resíduos Sólidos**. Brasília: Superior Tribunal de Justiça, 2018. 41 p. Disponível em: <http://www.stj.jus.br/static_files/STJ/Institucional/Educa%C3%A7%C3%A3o%20e%20cultura/socioeducativo/plano_gerenciamento_residuos.pdf>. Acesso em: 03 abr. 2019.

D' ALMEIDA, Maria L. O.; VILHENA, André. **Lixo Municipal: Manual de Gerenciamento Integrado**. 2. ed. São Paulo: Instituto de Pesquisas Tecnológicas IPT/Compromisso Empresarial para Reciclagem CEMPRE, 2000. Disponível em: <https://docplayer.com.br/80166237-Lixo-municipal-manual-de-gerenciamento-integrado.html>. Acesso em: 03 set. 2018.

DENZIN, N. K.; LINCOLN, Y. S. Introdução: **a disciplina e a prática da pesquisa qualitativa**. In. (Org.) DENZIN, N. K.; LINCOLN, Y. S. Planejamento da pesquisa qualitativa: teorias e abordagens. Porto Alegre: Artmed, 2006, p. 15-42.

FEAM, Fundação Estadual do Meio Ambiente; DESENVOLVIMENTO, Diretoria de Pesquisa e; CLIMÁTICAS, Gerência de Energia e Mudanças. **Aproveitamento Energético De Resíduos Sólidos Urbanos: Guia De Orientações Para Governos Municipais De Minas Gerais**. Belo Horizonte: Feam, 2012. 163 p. Disponível em: <[http://www.resol.com.br/cartilhas/aproveitamento_energetico_de_rsu_guia_feam_\(2\).pdf](http://www.resol.com.br/cartilhas/aproveitamento_energetico_de_rsu_guia_feam_(2).pdf)>. Acesso em: 18 fev. 19.

FELICORI, Thaís de Carvalho et al. Identificação de áreas adequadas para a construção de aterros sanitários e usinas de triagem e compostagem na mesorregião da Zona da Mata, Minas Gerais. **Engenharia Sanitária e Ambiental**, Viçosa, Mg, v. 21, n. 3, p.547-560, set. 2016. Fap UNIFESP (SciELO). <http://dx.doi.org/10.1590/s1413-41522016146258>. Disponível em: <https://www.researchgate.net/profile/Eduardoantonio_Marques/publication/308281363_Identificacao_de_areas_adequadas_para_a_construcao_de_aterros_sanitarios_e_usinas_de_triagem_e_compostagem_na_mesorregiao_da_Zona_da_Mata_Minhas_Gerais/links/57f65ee708ae8da3ce576c56.pdf>. Acesso em: 22 mar. 19.

FORMOSO, C.T. et al. Perdas na construção civil: conceitos, classificações e indicadores de controle. São Paulo, Técnica, v. 23, p.30-33, jul/ago, 1996.

FUNASA, Fundação Nacional de Saúde. **Manual de Saneamento**. 3. ed. Brasília: Assessoria de Comunicação e Educação em Saúde, 2001. 409 p. Disponível em: <<https://wp.ufpel.edu.br/ccz/files/2016/03/FUNASA-MANUAL-SANEAMENTO.pdf>>. Acesso em: 25 mar. 19.

GAEDE, Lia Pompéia Faria. **Gestão Dos Resíduos Da Construção Civil No Município De Vitória-ES E Normas Existentes**. 2008. 74 f. Monografia (Especialização) - Curso de Construção Civil, Tecnologia e Produtividade das Construções, Escola de Engenharia da Ufmg, Belo Horizonte, 2008. Disponível em: <<http://www.cecc.eng.ufmg.br/trabalhos/pg1/Monografia%20Lia.pdf>>. Acesso em: 9 set. 18.

HORTEGAL, Mylane Viana; FERREIRA, Thiago Coelho; SANT'ANA, Walter Canales. Utilização De Agregados Resíduos Sólidos Da Construção Civil Para Pavimentação Em São Luís - MA. **Pesquisa em Foco**, São Luís, Ma, v. 17, n. 2, p.60-74, 2009.

IBGE. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. Estimativa da população do ano de 2013.

JOHN, V. M.; AGOPYAN, V. **Reciclagem de resíduos da construção**. São Paulo: Departamento de (Engenharia de Construção Civil) - Escola Politécnica da USP (PCC USP), 2000. Disponível em: <https://www.researchgate.net/publication/228600228_Reciclagem_de_residuos_da_construcao>. Acesso em: 12 ago. 2018.

MANNARINO, Camille Ferreira; FERREIRA, João Alberto; GANDOLLA, Mauro. Contribuições para a evolução do gerenciamento de resíduos sólidos urbanos no Brasil com base na experiência Europeia. **Engenharia Sanitária e Ambiental**, [s.l.], v. 21, n. 2, p.379-385, 20 jun. 2016. Fap UNIFESP (SciELO). <http://dx.doi.org/10.1590/s1413-41522016146475>. Disponível em: <http://www.scielo.br/pdf/esa/2016nahead/1809-4457-esa-S1413_41522016146475.pdf>. Acesso em: 22 fev. 2019.

MATTOS, Bernardo Bandeira de Mello. **Estudo Do Reuso, Reciclagem E Destinação Final Dos Resíduos Da Construção Civil Na Cidade Do Rio De Janeiro**. 2013. 83 f. TCC (Graduação) - Curso de Engenharia Civil, Escola Politécnica, Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2014. Disponível em: <<http://monografias.poli.ufrj.br/monografias/monopoli10009307.pdf>>. Acesso em: 15 mar. 2019.

MATUTI, Bruna Barbosa; SANTANA, Genilson Pereira. Reutilização de resíduos de construção civil e demolição na fabricação de tijolo cerâmico: uma revisão. **Scientia Amazonia**, Amazonas, v. 8, n. 1, p.1-13, 2019. Disponível em: <<http://scientia-amazonia.org/wp-content/uploads/2018/11/v.-8-n.1-E1-E13-2019.pdf>>. Acesso em: 10 mar. 2019.

MAZUR, Joyce. **Resíduos Sólidos Da Construção Civil E A Logística Reversa No Canteiro De Obras Vinculados À Saúde E Segurança Do Trabalhador**. 2015. 51 f. Monografia (Especialização) - Curso de Engenharia de Segurança do Trabalho, Departamento Acadêmico de Construção Civil, Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Curitiba, 2015. Disponível

em:

<http://repositorio.roca.utfpr.edu.br/jspui/bitstream/1/3840/1/CT_CEEST_XXIX_2015_17.pdf>. Acesso em: 21 set. 2018.

MELO, João Ricardo de Souza; FROTA, Consuelo Alvez da. A situação dos resíduos sólidos oriundos da construção civil vertical na cidade de Manaus. **Tecnologia e Conhecimento: T&C Amazônia**, Amazônia, n. 23, p.32-39, 2014. Disponível em: <http://tecamazonia.com.br/wp-content/uploads/2017/03/revista_tec_ed23.pdf>. Acesso em: 20 out. 18.

MELLO, Jean Benitez et al. Estudo sobre a viabilidade técnica e econômica da reciclagem de entulho para a produção de concreto em obras civis. **Evangelista**, Sorocaba Sp, v. 19, n. 5, p.1352-1363, 1 dez. 2017. Disponível em: <<http://www.engenharia.uff.br/files/docs/Engevista19x05/90.pdf>>. Acesso em: 25 fev. 2019.

MMA, Ministério Do Meio Ambiente. **Reciclagem: E o que dá para reciclar e o que não é reciclável?**. 2018. Disponível em: <<http://www.mma.gov.br/destaques/item/7656-reciclagem>>. Acesso em: 10 out. 2018.

MIRANDA, Leonardo F. R.; ANGULO, Sérgio C; CARELI, Élcio D. A reciclagem de resíduos de construção e demolição no Brasil: 1986-2008. **Ambiente Construído**, Porto Alegre, v. 9, n. 1, p. 57-71, jan./mar. 2009.

MOREIRA, José Franklin; DIAS, João Fernando; REZENDE, Maria Elisa B.. **Utilização de Resíduos de Construção e Demolição em Base de Pavimentos na Cidade de Uberlândia-MG**. 2007. Disponível em: <<http://www.assender.com.br/wp-content/uploads/2015/09/9.pdf>>. Acesso em: 18 nov. 2018.

NETO, J. C. M. **Gestão dos resíduos de construção e demolição no Brasil**. São Carlos, SP: Rima editora, 2005. 152 p.

NIERO, Jamille. **Reciclagem de resíduos da construção civil economiza recursos naturais e reduz custos**. 2016. Disponível em: <http://novo.more.ufsc.br/homepage/inserir_homepage>. Acesso em: 01 abr. 2019.

PERSU, Plano Estratégico Para Os Resíduos Urbanos. **Uma fonte renovável de recursos: Proposta de Plano – Auscultação das entidades envolvidas**. Brasília: Ersar, 2014. 125 p. Disponível em: <http://apambiente.pt/_zdata/DESTAQUES/2014/RelatorioPropostaPERSU2020_Fev14_v2.pdf>. Acesso em: 8 abr. 2019.

PINTO, Gilberto Júnior Ferreira; MELO, Eusileide Suianne Rodrigues Lopes de; NOTARO, Krystal de Alcantara. Geração De Resíduos Sólidos Da Construção Civil: Métodos De Cálculo. In: VII CONGRESSO BRASILEIRO DE GESTÃO AMBIENTAL, 7., 2016, Campina Grande, Pb. **Anais** Campina Grande, Pb: Ibeas – Instituto Brasileiro de Estudos Ambientais, 216. p. 1 - 5. Disponível em: <<https://www.ibeas.org.br/congresso/Trabalhos2016/III-003.pdf>>. Acesso em: 5 mar. 2019.

RIBEIRO, José Cláudio Junqueira. AMARAL, Carlos Henrique Carvalho. Gestão de Resíduos Sólidos. In: COSTA, Beatriz Souza; RIBEIRO, José Cláudio Junqueira (Coord.). **Gestão e Gerenciamento de Resíduos Sólidos – Direitos e Deveres**. Ed. Lumen Juris: Rio de Janeiro, 2013, p.39- 55.

RICCI, Gino. **Estudo de características mecânicas do concreto compactado com rolo com agregado reciclado de construção e de demolição para a pavimentação**. 2007. 203 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Engenharia, Escola Politécnica da Universidade de São Paulo, São Paulo, 2007. Disponível em: <<https://www.teses.usp.br/teses/disponiveis/3/3138/tde-09012008-162125/publico/mestrado.pdf>>. Acesso em: 05 set. 2018.

SANTOS, Eder Carlos Guedes dos. **Aplicação de Resíduos de Construção e Demolição Reciclados (RCD-R) em Estruturas de Solo Reforçado**. 2007. 168 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Geotecnia, Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade de São Paulo, São Carlos Sp, 2007.

SANTOS, Regina Bega dos. **Movimentos Sociais Urbanos**. São Paulo: Unesp, 2008. 176 p.

SIENGE. **Tudo Sobre Os Resíduos Sólidos Da Construção Civil**. 2017. Disponível em: <<https://www.sienge.com.br/blog/residuos-solidos-da-construcao-civil/>>. Acesso em: 27 fev. 2019.

SILVA, D.; REMBISKI, F.; COUTINHO, S.; RADINZ, G. **Análise do gerenciamento de resíduos de construção civil em condomínios residenciais unifamiliares**. In: XVI Encontro Nacional de Tecnologia do Ambiente Construído. São Paulo, 2016.

SILVA, Tamara Francine Duarte; PASCHOALIN FILHO, João Alexandre. Gerenciamento De Resíduos De Construção Civil Por Meio De Usina De Reciclagem De Entulho: Estudo De Caso Da Proguaru/Guarulhos. In: VII SIMPÓSIO INTERNACIONAL DE GESTÃO DE PROJETO, INOVAÇÃO E SUSTENTABILIDADE, 7., 2018, São Paulo. **Anais** São Paulo: Singep, 2018. p. 1 - 14. Disponível em: <<https://singep.org.br/7singep/resultado/79.pdf>>. Acesso em: 2 abr. 19.

SNIS. Sistema Nacional de Informações Sobre Saneamento. Secretaria Nacional de Saneamento Ambiental. **Diagnóstico do Manejo de Resíduos Sólidos Urbanos – 2016**. Brasília: Ministério das Cidades, 2018. 188 p. (CDD 352.6). Disponível em: <<http://www.snis.gov.br/diagnostico-residuos-solidos/diagnostico-rs-2016>>. Acesso em: 28 fev. 2019.

SPINOLA, Gabriela Monteiro Rodrigues. **Caracterização e dimensionamento de aterros sanitários para resíduos sólidos urbanos no Brasil e nos municípios paulistas**. Relatório final de projeto de iniciação científica. Inpe: São José dos Campos, SP, 2017. Disponível em: <http://mtc-m21b.sid.inpe.br/col/sid.inpe.br/mtc-m21b/2017/08.09.18.18/doc/Gabriela%20Monteiro%20R.%20Spinola.pdf>. Acesso em: 23 mar. 2019.

VARGAS, Carolline. **Análise Da Gestão De Resíduos Da Construção Civil No Estado Do Paraná E Município De Cascavel-Pr**. 2018. 116 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Ciências Ambientais, Programa de Pós-graduação em Ciências Ambientais - Ppgca, Universidade Estadual do Oeste do Paraná - Unioeste, Toledo Paraná, 2018. Disponível em: <http://tede.unioeste.br/bitstream/tede/3635/2/Carolline_Vargas_2018.pdf>. Acesso em: 10 mar. 2019.

VEDRONI, José Wilson. **Estudo De Caso Sobre A Utilização Do Rcd (Resíduos De Construção E Demolição) Em Reaterros De Valas Nos Pavimentos De Piracicaba Sp.** 2007. 202 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Engenharia Agrícola, Faculdade de Engenharia Agrícola, Estudo de Caso Sobre A Utilização do Rcd (resíduos de Construção e Demolição) em Reaterros de Valas nos Pavimentos de Piracicaba Sp, Campinas, 2007. Disponível em: <http://repositorio.unicamp.br/jspui/bitstream/REPOSIP/257071/1/Vedroni_JoseWilson_M.pdf>. Acesso em: 06 out. 2018.

VIEIRA, M. M. F. e ZOUAIN, D. M. Pesquisa qualitativa em administração: **teoria e prática.** Rio de Janeiro: 2^a Editora FGV, 2005. 224 p.

ZANELATO, Vitor Karam. **Estudo De Caso Sobre Gestão De Resíduos Sólidos Da Construção Civil Em Obra Na Cidade De Florianópolis.** 2016. 79 f. TCC (Graduação) - Curso de Engenharia Civil, Centro Tecnológico – Ctc, Universidade Federal de Santa Catarina – Ufsc, Florianópolis, 2016. Disponível em: <<https://repositorio.ufsc.br/bitstream/handle/123456789/165276/TCC%20-%20Vitor%20Karam%20Zanelato%20UFSC%20%281%29.pdf?sequence=1&isAllowed=y>>. Acesso em: 14 abr. 2019.

CAPÍTULO 8

ESTUDO DA CONTAMINAÇÃO DO SOLO POR NECROCHORUME NO CEMITÉRIO DO MUNICÍPIO DE ITAPURANGA – GO

Fernando Ernesto Ucker³³
Cleveland Lemos Freire³⁴
Breno Eduardo Silva Mendes²

RESUMO

A conservação do solo ao redor e nos próprios cemitérios, fonte potencial de contaminação, relaciona-se diretamente com a produção, tratamento e disposição do necrochorume. Com, isso, este estudo tem por objetivo verificar a possível contaminação do solo próximo ao Cemitério do município de Itapuranga - GO, por meio de sua caracterização físico-química. Foram coletadas amostras em 4 camadas do solo, com profundidades variadas, e realizadas análises químicas de pH, cálcio (Ca), magnésio (Mg), carbono orgânico (C.org), potássio (K), capacidade de troca catiônica (CTC), fósforo (P) e condutividade elétrica (C.E.). Os resultados demonstram baixas concentrações dos elementos avaliados nas camadas profundas do solo. Devido à idade e técnicas construtivas do cemitério, entende-se que alguns contaminantes já possam já ter lixiviado para camadas abaixo das estudadas, podendo estar concentrado em camadas mais profundas ou estarem retidos nos coloides do solo, assim a implementação de cemitérios sem levar em consideração os critérios geológicos, suas características litológicas, a estrutura do terreno e os critérios hidrogeológicos, nível do lençol freático, constituem causas de deterioração da qualidade das águas e contaminação das mesmas tanto superficialmente quanto subterrâneas.

Palavras-chave: Necrochorume. Lixiviação. Aquíferos subterrâneos. Contaminação do solo.

INTRODUÇÃO

Os cemitérios nunca foram incluídos nas listas de fontes tradicionais de contaminação ambiental, de acordo com Silva e Malagutti Filho (2008), apesar da existência de alguns relatos históricos em Berlim e Paris na década de 70, constatando que a causa de epidemias de febre tifoide estava diretamente relacionada ao posicionamento dos cemitérios a jusante de fontes de água, como aquíferos freáticos e nascentes. A intensa implantação dos cemitérios, em razão do crescimento desenfreado da população, sem levar em consideração os critérios geológicos (características litológicas e estrutura do terreno) e hidrogeológicos (nível do lençol freático), constitui uma das causas de deterioração da qualidade das águas e contaminação das mesmas

³³ Coordenador do curso de Engenharia Ambiental do Centro Universitário Araguaia – UniAraguaia

³⁴ Mestrando do Instituto Federal de Educação Ciência e Tecnologia de Goiás – Campus Goiânia – GO

tanto superficialmente quanto as subterrâneas. O problema é agravado quando as necrópoles se localizam em áreas de vulnerabilidade considerável e a população do entorno ainda faz uso direto dos recursos hídricos sob a influência do mesmo, estando, assim, sujeita a doenças de veiculação hídrica (KEMERICH et al., 2012a).

A decomposição dos corpos, dos caixões e seus adereços e de produtos e substâncias introduzidas no corpo humano ao longo da vida, gera o necrochorume (FIEDLER et al., 2012; JONKER & OLIVIER, 2012), o qual é um líquido potencialmente poluidor, sendo primordial a consideração dos aspectos ambientais na escolha do local para a instalação de cemitérios. Devido ao alto potencial contaminante do solo e água, a instalação e o monitoramento dos cemitérios requerem mais estudos e investimentos, não se tratando apenas de depósito de corpos humanos, havendo a necessidade de regulação e fiscalização.

Uma crescente preocupação ambiental está relacionada à contaminação do solo e dos aquíferos subterrâneos ao redor e nos próprios cemitérios. Isto se dá pela má implantação destes, que é considerada como fonte potencialmente poluidora. O agravamento desta condição é constante, dado que muitos aspectos relevantes são ignorados, a começar pelos terrenos destinados para a construção dos cemitérios, que normalmente são aqueles de menor valor econômico. Nesse sentido o Conselho Nacional do Meio Ambiente – CONAMA – a partir da resolução nº 335 de 03 de abril de 2003 (CONAMA, 2003), que dispõe sobre o licenciamento ambiental de cemitérios horizontais e verticais a serem implantados no Brasil, afirma que os cemitérios são vistos como fontes de contaminação do ambiente e sua implantação está sujeita ao atendimento dos critérios legais. Em 28 de março de 2006, foi promulgada a Resolução do CONAMA nº 368 (CONAMA, 2006), que altera alguns dispositivos nos artigos 3º e 5º da Resolução nº 335/2003.

Sendo assim no artigo 3º cita:

§ 1º É proibida a instalação de cemitérios em Áreas de Preservação Permanente ou em outras que exijam desmatamento de Mata Atlântica primária ou secundária, em estágio médio ou avançado de regeneração, em terrenos predominantemente cársticos, que apresentam cavernas, sumidouros ou rios subterrâneos, bem como naquelas que tenham seu uso restrito pela legislação vigente, ressalvadas as exceções legais previstas.

Já o artigo 5º cita:

Deverão ser atendidas, entre outras, as seguintes exigências para os cemitérios horizontais:

I - o nível inferior das sepulturas deverá estar a uma distância de pelo menos um metro e meio acima do mais alto nível do lençol freático, medido no fim da estação das cheias;

II - nos terrenos onde a condição prevista no inciso anterior não puder ser atendida, os sepultamentos devem ser feitos acima do nível natural do terreno;

III - adotar-se-ão técnicas e práticas que permitam a troca gasosa, proporcionando, assim, as condições adequadas à decomposição dos corpos, exceto nos casos específicos previstos na legislação;

IV - a área de sepultamento deverá manter um recuo mínimo de cinco metros em relação ao perímetro do cemitério, recuo que deverá ser

ampliado, caso necessário, em função da caracterização hidrogeológica da área;

V - documento comprobatório de averbação da Reserva Legal, prevista em Lei; e

VI - estudos de fauna e flora para empreendimentos acima de 100 (cem) hectares.

§ 1º Para os cemitérios horizontais, em áreas de manancial para abastecimento humano, devido às características especiais dessas áreas, deverão ser atendidas, além das exigências dos incisos de I a VI, as seguintes:

I - a área prevista para a implantação do cemitério deverá estar a uma distância segura de corpos de água, superficiais e subterrâneos, de forma a garantir sua qualidade, de acordo com estudos apresentados e a critério do órgão licenciador;

II - o perímetro e o interior do cemitério deverão ser providos de um sistema de drenagem adequado e eficiente, destinado a captar, encaminhar e dispor de maneira segura o escoamento das águas pluviais e evitar erosões, alagamentos e movimentos de terra;

III - o subsolo da área pretendida para o cemitério deverá ser constituído por materiais com coeficientes de permeabilidade entre 10⁻⁵ e 10⁻⁷ cm/s, na faixa compreendida entre o fundo das sepulturas e o nível do lençol freático, medido no fim da estação das cheias. Para permeabilidades maiores, é necessário que o nível inferior dos jazigos esteja dez metros acima do nível do lençol freático.

§ 2º A critério do órgão ambiental competente, poderão ser solicitadas informações e documentos complementares em consonância com exigências legais específicas de caráter local.

Este estudo tem por objetivo verificar a possível contaminação do solo no Cemitério do município de Itapuranga - GO, e próximo deste, estando situado dentro do perímetro urbano, com construções em seu entorno, sendo este foi fundado na década de 50, sem preocupação ambiental com a contaminação do solo e dos aquíferos, e que tem sepultamentos feitos em covas de no máximo 120 cm de profundidade, na busca de confirmar e avaliar o grau desta, por meio de análises das características e das substâncias presentes encontradas nas amostras coletadas de solo.

MATERIAL E MÉTODOS

A Pesquisa iniciou-se na revisão bibliográfica, sobre a contaminação do solo próximo a cemitérios. O estudo foi desenvolvido no Cemitério Municipal de Itapuranga, um município brasileiro do interior do estado de Goiás, Região Centro-Oeste do país. Situado na Mesorregião do Centro Goiano e na Microrregião de Ceres, estando também situada na região do Vale do São Patrício, tendo como coordenadas: latitude 15°34'15.06" S e longitude 49° 56'18.41" O.

Para o desenvolvimento deste foram definidos 4 pontos de coleta de solo, sendo três pontos dentro da área do cemitério e um ponto cerca de 96 metros do cemitério, servindo como testemunha, conforme Tabela 1 e Figura 1.

Tabela 1 -Localização dos pontos de amostragem de solo. Itapuranga – GO.

Ponto 1 - Testemunha	15°34'15.60" S	49°56'25.26" O
Ponto 2	15°34'19.90" S	49°56'22.20" O
Ponto 3	15°34'15.70" S	49°56'16.99" O
Ponto 4	15°34'17.42" S	49°56'15.94" O

Figura 1 - Localização do cemitério de Itapuranga – GO e os quatro pontos de coleta das amostras de solo.



Fonte: Google Earth, 2014.

A coleta de solo ocorreu nas camadas 0 – 20 cm, 100 – 120 cm, 200 – 220 cm, 300 – 320 cm, durante o mês de novembro do ano de 2014, em meio à estação chuvosa que é de outubro a janeiro. Para a coleta, foi empregado o uso de uma retroescavadeira para abrir trincheiras com a profundidade de 350 cm, conforme figura 2. Após a trincheira aberta, foi aferida a altura de coleta. O solo coletado de cada camada foi armazenado em um recipiente plástico devidamente identificado, sendo então encaminhado ao Laboratório para Agropecuária – Terra, localizado no município de Goiânia - GO.

Figura 2 - A direita trincheira aberta com profundidade 350 cm e a esquerda trincheira sendo aberta pela retroescavadeira.



As análises realizadas em laboratório foram: químicas de pH, cálcio (Ca), magnésio (Mg), carbono orgânico (C.org), potássio (K), capacidade de troca catiônica (CTC), fósforo (P) e condutividade elétrica (C.E.); todas de acordo com a metodologia descrita pela EMBRAPA (1997).

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os resultados obtidos nas coletas de solo podem ser observados na Tabela 2.

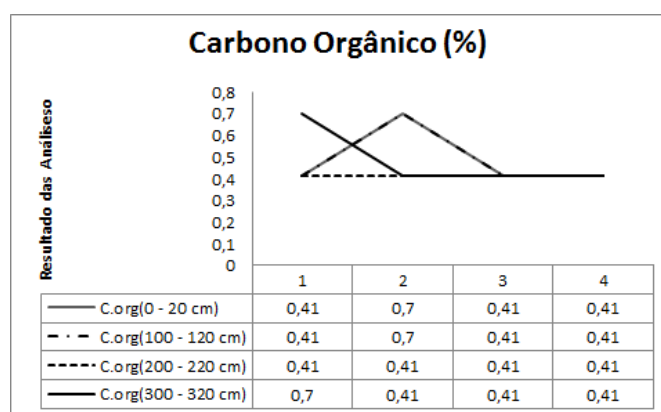
Tabela 2 - Resultados análises das amostras de solo do cemitério municipal de Itapuranga – GO.

Dados Análises ¹	Camada (cm)			
	0 - 20	100 - 120	200 - 220	300 - 320
Ponto 1²				
pH	5,3	5,4	5,7	4,8
Ca	1,8	1,0	0,4	0,2
Mg	0,6	0,3	0,2	0,1
C.org	0,41	0,41	0,41	0,7
K	72	28	20	72
CTC	4,6	3,4	1,9	1,8
P	4	2	2	3
C.e	86	51	32	11
Ponto 2³				
pH	5,8	5,9	6,0	5,1
Ca	2,0	1,2	0,4	0,6
Mg	6	0,5	0,1	0,2
C.org	0,70	0,70	0,41	0,41
K	120	172	172	200
CTC	6,8	3,6	2,1	2,4
P	2	1	4	2
C.e	15	15	12	27
Ponto 3³				
pH	6,0	6,1	6,1	6,2
Ca	0,5	0,6	0,2	0,3
Mg	0,2	0,2	0,1	0,1
C.org	0,41	0,41	0,41	0,41
K	60	40	20	20
CTC	2,0	2,1	1,3	1,3
P	1	1	3	1
C.e	10	7	8	6
Ponto 4³				
pH	6,0	6,3	6,4	6,4
Ca	0,6	0,6	0,2	0,2
Mg	0,2	0,2	0,1	0,1
C.org	0,41	0,41	0,41	0,41
K	152	20	20	20
CTC	4,3	3,7	3,2	3,2
P	1	1	2	3
C.e	6	7	6	6

¹Análises: pH: potencial hidrogeniônico; Ca: Cálcio (mEq/100cm³); Mg: Magnésio (mEq/100cm³); C.org: Carbono Orgânico (%); K: Potássio (mg/dm³); CTC: Capacidade de Troca de Cátions (mEq/dm³); P: Fósforo (mg/dm³); C.e: Condutividade Elétrica (μS/cm). ² Ponto referência, localizado externamente ao cemitério; ³ Pontos localizados dentro do cemitério.

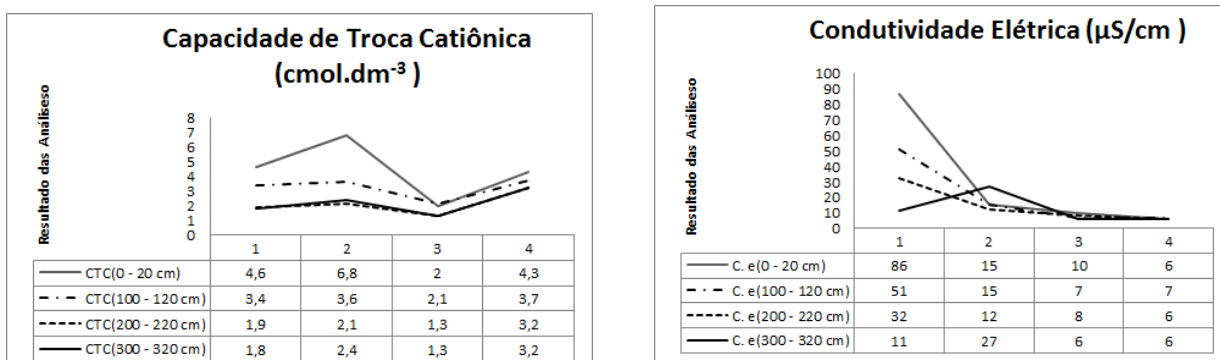
Os valores de carbono orgânico (C.org), nas camadas dos quatro pontos avaliados se manteve em 0,41 %, exceto nas camadas 0 – 20 e 100 – 120 cm do ponto 2, que apresentaram valores de 0,7 % (Figura 3). O ponto 2 é o ponto que apresenta a menor declividade de terreno, o que pode estar contribuindo para uma possível lixiviação de líquidos oriundos do necrochorume. Também Barros et al. (2013) avaliaram o solo do cemitério municipal do cemitério Municipal De Santa Cândida, Curitiba (Pr) e encontraram valores de carbono orgânico na média de 2,1 % para a camada de 0 – 20 cm, que apesar dos frequentes revolvimentos do solo no cemitério, os teores de C orgânico total mantiveram-se superiores apenas na superfície. Possivelmente, outros fatores relacionados à atividade antrópica, como a decomposição de cadáveres, estão determinando maior concentração de material de baixa cristalinidade nas camadas subsuperficiais, estes valores bem superiores aos encontrados no cemitério de Itapuranga (Tabela 2), mas ainda em valores baixos e não significativos.

Figura 3 - Valores de carbono orgânico – C.org amostrados do cemitério municipal de Itapuranga – GO.



A capacidade de troca catiônica (CTC), um dos principais parâmetros a serem avaliados no solo, influencia diretamente na adsorção de cátions em um solo, onde maiores valores da CTC vão significar, geralmente, maiores valores de adsorção dos cátions trocáveis. Se a maior parte da CTC do solo está ocupada por cátions essenciais como Ca^{2+} , Mg^{2+} e K^+ , pode-se dizer que esse é um solo bom para a nutrição das plantas. Por outro lado, se grande parte da CTC está ocupada por cátions potencialmente tóxicos como H^+ e Al^{3+} este será um solo pobre. Nesta pesquisa, a CTC do solo apresentou um valor bem abaixo do encontrado, comparando com o trabalho realizado por Romanó (2003), onde os valores variaram, em seis pontos analisados, na camada 0 – 20 cm, entre 13,4 e 19,4 cmol.dm^{-3} . Na presente pesquisa os valores encontrados foram de 1,3 e 6,8 cmol.dm^{-3} para os pontos analisados. Sendo a condutividade elétrica do solo (C.e) o método mais rápido e simples para se estimar o total de sais solúveis do solo, ficando claro o decaimento de seu valor nas camadas inferiores do solo (Figura4).

Figura 4 - Valores da capacidade de troca catiônica – CTC e a condutividade elétrica – C. e. amostrados do cemitério municipal de Itapuranga – GO

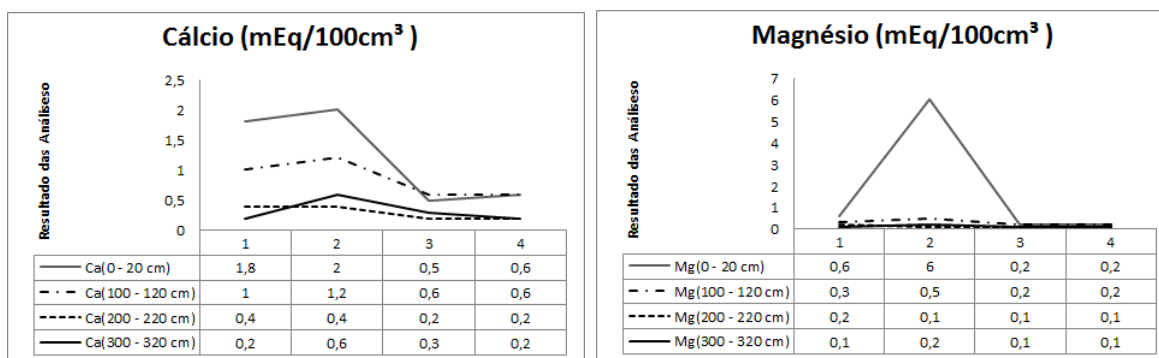


Os valores de Ca e Mg foram encontrados em maiores concentrações nas camadas superficiais do solo. Para o ponto 1, a maior concentração foi de 1,8 mEq/100cm³ (0 – 20 cm) de Ca, e a menor concentração encontrada na camada mais profunda (300 – 320 cm), com 0,2 mEq/100cm³ de Ca. Para os demais pontos, a tendência segue praticamente igual, sendo que nas camadas superiores do solo ocorreram maiores concentrações do elemento, e em maiores profundidades menores concentrações do mesmo foram encontradas. Esta tendência vale também para o elemento Mg (Figura 5), onde no ponto 2 houve uma grande concentração, da ordem de 6,0 mEq/100cm³ quando em excesso, mais alcalino.

O cálcio aumenta a atividade microbiana, a disponibilidade de molibdênio e de outros nutrientes e melhora o crescimento das raízes das plantas, sendo este um nutriente secundário juntamente com o magnésio e o enxofre. Romanó (2003) afirma que as formas disponíveis de cálcio são adsorvidas nos colóides do solo pela troca de cátions que ocorre entre a solução do solo e a fração de argilomineral, então passam para a solução do solo e depois são absorvidas pelas plantas.

Em cemitérios, a principal disponibilidade deste composto é por via de decomposição de ossos e adição de cal nas sepulturas. Este é o quinto elemento mais abundante no corpo humano, é um macro mineral indispensável, onde mais de 99% deste encontra-se em ossos e dentes. A matéria orgânica natural aliada aos processos de decomposição nos Cemitérios, pode aumentar a concentração de constituintes do necrochorume na solução do solo e, conseqüentemente, nas águas subterrâneas por infiltração, ou ainda podem ser carregadas para os corpos hídricos da bacia. Desta forma, tanto a matéria orgânica do necrochorume quanto a do solo e a associação delas, podem limitar ou tornar inviável o uso dos recursos naturais do solo e água.

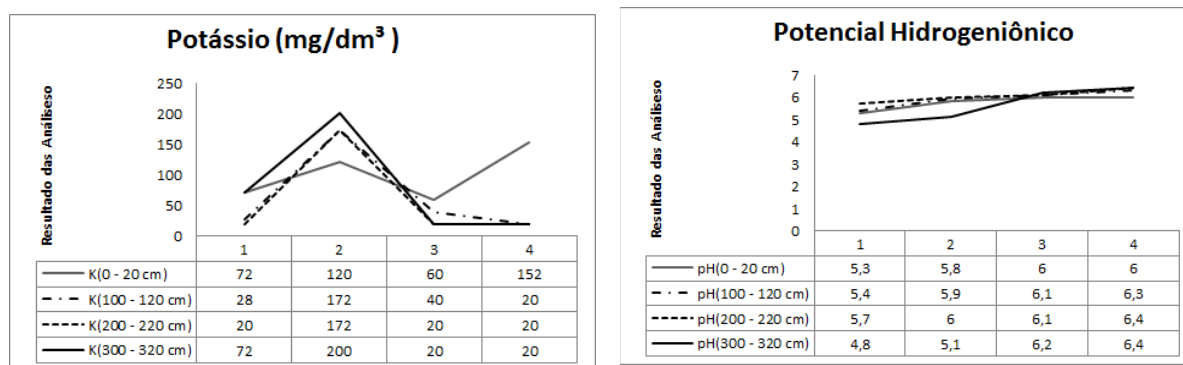
Figura 5 - Valores de cálcio- Ca e Magnésio – Mg amostrados do cemitério municipal de Itapuranga – GO.



O potássio (K) é móvel e, por isso, sujeito às perdas por lixiviação, ocorrendo principalmente em solos ácidos e com baixa CTC, erosão. Os valores de K e pH no ponto 1 apresentam um solo com acidez e baixa concentração de potássio, valores semelhantes aparecem também no ponto 3, onde o pH do solo está mais elevado. No ponto 2, que encontra-se na parte baixa do cemitério, na declividade do terreno, sendo uma expansão ocorrida, considerada nova pela população, existe uma alta concentração de K e o pH se mantém próximo aos demais pontos, de acordo com a Figura 6.

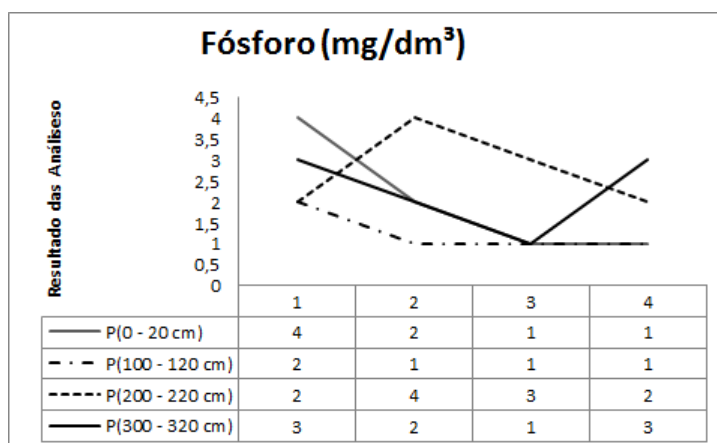
Segundo Costa Silva e Filho Malagutti (2009), os compostos orgânicos degradáveis liberados no processo de decomposição dos corpos estimulam a atividade microbiana dos corpos estimulam a atividade microbiana no solo sob as áreas de sepultamento, aumentando no solo, o teor de compostos de nitrogênio, fósforo e o de sais, que elevam a condutividade elétrica e o índice de acidez.

Figura 6 - Valores de potássio- K e a acidez – pH amostrados do cemitério municipal de Itapuranga – GO.



A retenção de fósforo (P) engloba fenômenos como a adsorção e a difusão, processo pelo qual o P é inserido lentamente no interior dos minerais nos quais está adsorvido. Pode-se observar que o solo da região é rico em ferro, causando assim uma possível lixiviação do P, formando compostos insolúveis (Figura 7).

Figura 7 - Valores de fósforo– P amostrados do cemitério municipal de Itapuranga – GO.



Apesar de não terem, em geral, ocorrido grandes concentrações dos elementos avaliados nas camadas profundas do solo (exceto o potássio), cabe ressaltar que o cemitério foi fundado em 1955, e o sepultamento ocorre em covas de no máximo 120 cm de profundidade, sem nenhum tipo de impermeabilização. Isto corrobora para que alguns contaminantes já tenham se lixiviado para camadas abaixo das estudadas neste trabalho ou podem, ainda, estarem retidas nos colóides do solo.

No Brasil, não há ainda valores limítrofes para a quantidade de cada parâmetro estudado. A Resolução CONAMA n. 420/2009, que dispõe sobre critérios e valores orientadores de qualidade do solo quanto à presença de substâncias químicas, e ainda estabelece diretrizes para o gerenciamento ambiental de áreas contaminadas por essas substâncias em decorrência de atividades antrópicas, não cita os parâmetros acima avaliados.

CONCLUSÃO

Realizadas análises químicas de pH, cálcio (Ca), magnésio (Mg), carbono orgânico (C.org), potássio (K), capacidade de troca catiônica (CTC), fósforo (P) e condutividade elétrica (C.E.), os resultados demonstram baixas concentrações dos elementos avaliados nas camadas profundas do solo. Fato que pode ser decorrente da idade e técnicas construtivas do cemitério, entende-se que alguns contaminantes já possam ter lixiviado para camadas abaixo das estudadas, podendo estar concentrado em camadas mais profundas ou estarem retidos nos colóides do solo, logo análises em camadas mais profundas se fazem necessárias.

Também a análise da qualidade da água pode informar se houve ou não contaminação do lençol freático. Por se tratar de saúde pública deve haver mais preocupação com o cemitério, no tocante ao monitoramento desta área evitando epidemias e surtos de doenças no município.

A implementação de cemitérios sem levar em consideração os critérios geológicos, suas características litológicas, a estrutura do terreno e os critérios hidrogeológicos, nível do lençol freático,

não devem mais ocorrer, pois constituem causas de deterioração da qualidade das águas e contaminação das mesmas tanto superficialmente quanto subterrâneas, assim a Resolução CONAMA n. 420/2009, que dispõe sobre critérios e valores orientadores de qualidade do solo quanto à presença de substâncias químicas, e estabelece diretrizes para o gerenciamento ambiental de áreas contaminadas por essas substâncias em decorrência de atividades antrópicas, deve buscar definir os a os parâmetros a serem avaliados bem como estabelecer critérios de fiscalização e monitoramento.

Referências

- ALCÂNTARA, L. A. (et al). (2010). *Contaminação de Recursos Naturais por Necrópoles*. Revista Disc Scientia. Série: Ciências Naturais e Tecnológicas, S. Maria,v. 11, n. 1, p. 17-28.
- BACIGALUPO, R. S. *Impacto do Necrochorume nas águas subterrâneas do cemitério Nossa Senhora de Fátima, Duque de Caxias- RJ*. In: Congresso de Geografia- UERJ. Disponível em:<http://www.eng2012.org.br/trabalhos-completos?download=1304:congresso-de-geografia&start=2260>. Acesso em: 29 de maio de 2018.
- BARROS, J. I.; MELO, V. DE F.; ZANELLO, S.; ROMANÓ, E. N. DE L.; LUCIANO, P. R. *Teores de metais pesados e caracterização mineralógica de solos do Cemitério Municipal de Santa Cândida, Curitiba (PR)*. Revista Brasileira de Ciência do solo, REMOA - V. 14 N.1 (2014) Edição Especial Fevereiro, p. 2875 – 2889 Concentrações de metais em solo... 2887 Vol.32, p.1763-1773, 2008.
- BAUM, CAMILA ANGÉLICA. *Impactos ambientais no solo e na água subterrânea ocasionados por cemitérios públicos urbanos de Lages-SC*. Dissertação de Mestrado do programa de Pós-Graduação em Ciências Ambientais da Universidade do Estado de Santa Catarina-UDESC, 2018.
- CETESB – Companhia de Tecnologia de Saneamento Ambiental de São Paulo. Decisão de Diretoria n195-2005-E, de 23 de novembro de 2005.
- Conselho Nacional do Meio Ambiente - [Resolução CONAMA N° 335/2003](#). Disponível em:<<http://www.mma.gov.br/port/conama/legiabre.cfm?codlegi=359>>. Acesso em: 25 de Abril de 2018.
- Conselho Nacional do Meio Ambiente - [Resolução CONAMA N° 396/2008](#). Disponível em:<http://www.mma.gov.br/port/conama/legislacao/CONAMA_RES_CONS_2008_396.pdf> Acesso em: 25 de Abril de 2018.
- Conselho Nacional do Meio Ambiente - [Resolução CONAMA N° 420/2009](#). Disponível em:<http://www.mma.gov.br/port/conama/legislacao/CONAMA_RES_CONS_2008_396.pdf>. Acesso em: 25 de Abril de 2018.
- COSTA SILVA, Robson Willians, FILHO MALAGUTTI, Walter. *Cemitérios: Fontes Potenciais De Contaminação* Departamento De Geologia Aplicada, Universidade Estadual Paulista (Rio Claro, Sp) 2009.

Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária – EMBRAPA. Centro Nacional de Pesquisa de Solos. Manual de Métodos de Análise de Solo. 2. ed. rev. Atual .212p. Rio de Janeiro, 1997.

ESPINDULA, J. C. (2004). *Caracterização bacteriológica e físico-química das águas do aquífero freático do cemitério da várzea- Recife*. Dissertação de mestrado em Geociências. Recife, Universidade Federal de Pernambuco.

FIEDLER, S. et al. Graveyards - *Special landfills*. Science of the Total Environment, v. 419.

GONÇALVES, R. M. *Avaliação físico-química e conteúdo de metais pesados em CMS (carne mecanicamente separada) de frango e de bovino produzidas no estado de Goiás*. 2007. 100 f. Dissertação (Mestrado) - Universidade Federal de Goiás, Goiânia, 2007.

INVOL AMBIENTAL. Disponível em< <http://www.invol.com.br/solucao.php>. >Acesso em 28 de maio de 2018.

JONKER, C.; OLIVIER, J. Zandfontein cemetery, South Africa. International Journal of Environmental Research and Public Health, v. 9, n. 2, p. 511-520, 2012.

KEMERICH, P.D.C.; UCKER, F. E.; BORBA, W. F. *Cemitérios Como Fonte de Contaminação Ambiental*. Revista Scientific American Brasil, Vol.1, p. 78-81, 2012. a.

LEITE, E. B. (2009). *Análise físico-química e bacteriológica da água de poços localizados próximo ao cemitério da comunidade Santana, Ilha de Maré, Salvador-BA*. Candombá- Revista Virtual, v.5, n.2, p.132-148.

MALAGUTTI FILHO, W. (2008). *Cemitérios como áreas potencialmente contaminadas*. Revista Brasileira de Ciências Ambientais, n.9, UNESP, p.26-36.


Ministério da Saúde Brasil – Portaria nº 2.914 de 12 de dezembro de 2011. Disponível: <http://bvsms.saude.gov.br/bvs/saudelegis/gm/2011/prt2914_12_12_2011.html>. Acesso em: 25 de Abril de 2018.

O, Marta. (2008). *Cemitérios em áreas urbanas e os impactos ambientais provocados*. Disponível em:< <http://www.facilitaja.com.br/download/docreader?id=47671>>. Acesso em: junho 2014.p. 90-97, 2012.

ROMANÓ, E. N. L. *Caracterização do meio físico no Cemitério Municipal do Boqueirão e no Cemitério Municipal de Santa Cândida no município de Curitiba – PR*. Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 2003. 98p. (Dissertação de Mestrado).

SILVA, R. W. da C.; MALAGUTTI FILHO, W. *Cemitérios como áreas potencialmente contaminadas*. Revista Brasileira de Ciências Ambientais, Cubatão, v. 9, p. 26-35, mar./abr. 2008.

SILVA, S. A. S. da. *Atributos químicos e microbiológicos em latossolo amarelo sob sistemas agroflorestais e floresta secundária em Bragança*. 2011. 100f. Tese (Doutorado) - Universidade Federal Rural da Amazônia, Belém, 2011.



THOMPSON, Barbara. *Cemitérios verticais, espaço urbano e meio ambiente: O novo discurso científico universitário de incentivo a verticalização do cemitério e cremação*. Primeiros Estudos, n. 7, p. 07-26, 2015.

CAPÍTULO 9

MONITORAMENTO DE POLUENTES ATMOSFÉRICOS EM INDÚSTRIA AUTOMOTIVA NO DAIA ANÁPOLIS – GO

Lyne Sussuarana Pereira³⁵
Paulo Henrique Francisco Vargas
Milton Gonçalves da Silva Júnior³⁶
Fernando Ernesto Ucker³⁷
Alline Caitano Luz³⁸

RESUMO

O uso de produtos a base de solventes orgânicos que são largamente usados em pintura automotiva, implica na emissão de significativas quantidades de compostos orgânicos voláteis (COV's) para o ambiente seja ele de trabalho e também para a atmosfera. Geralmente, são compostos tóxicos e representa riscos aos trabalhadores, quando se é quantificado em processos industriais como o segmento da indústria automotiva. O estudo gerou análise dos níveis de emissão de poluentes atmosféricos por chaminé em empreendimento do segmento automobilístico situado no Distrito Agroindustrial de Anápolis- Goiás que desenvolve atividade de fabricação de automóveis novos e as etapas do processo consistem em **pintura e montagem de veículos novos**. Foi realizada uma análise dos laudos de monitoramento de emissões atmosféricas fornecidos pela empresa que contempla a coleta de efluente atmosférico em 7 chaminés do processo industrial de pintura automobilística referente aos anos de 2012, 2014 e 2015. Os Parâmetros analisados foram: MP (Material Particulado), NO₂ (Dióxido de Nitrogênio), SO₂ (Dióxido de Enxofre), Metais e Compostos Orgânicos Voláteis (COV) que compõem o material de tintas utilizadas no referido segmento industrial. Verificou-se que a emissão de COV (compostos orgânicos voláteis) foi o poluente mais significativo identificado por meio dos boletins de análise química que foram cedidos pela empresa. As chaminés que mais emitiram o referido poluente, foram a chaminé da Estufa denominada *Top Coat do Paint Shop* em 2014, o poluente MP (Material Particulado) teve maiores valores de emissão pela Estufa *Top Coat do Paint Shop* em 2012, e a Estufa UBS *Paint Shop* foi a que menos emitiu poluentes atmosféricos. Já o parâmetro SO₂ teve maior valor de emissão por meio da chaminé denominada estufa *Top Coat Parts* em 2014. Do ponto de vista legal, a empresa atende o disposto nas legislações vigentes para emissão dos poluentes gerados no processo produtivo.

Palavras-chave: monitoramento; emissões atmosféricas; legislação; pintura automotiva; chaminés, compostos orgânicos voláteis.

³⁵ Doutoranda em Ciência e Tecnologia de Polímeros - Universidade Federal do Rio de Janeiro.

³⁶ Professor do curso de Engenharia Ambiental – Centro Universitário Araguaia – UniAraguaia.

³⁷ Coordenador do curso de Engenharia Ambiental do Centro Universitário Araguaia – UniAraguaia.

³⁸ Analista ambiental.

INTRODUÇÃO


A atmosfera é uma espessa camada de gases contendo líquidos em suspensão e partículas sólidas que envolvem completamente a Terra, e junto com esta formam um sistema ambiental integrado (KEMP, 1994).

Poluente atmosférico é toda e qualquer forma de matéria sólida, líquida ou gasosa e de energia que, presente na atmosfera, altera as propriedades físicas, químicas biológicas normais da atmosfera e que possa causar danos reais ou potenciais à saúde humana, à flora, à fauna, aos ecossistemas em geral, aos materiais e à propriedade, ou prejudicar o pleno uso e gozo da propriedade ou afetar as atividades normais da população ou o seu bem estar. Os poluentes atmosféricos em forma de matéria, podem ser classificados inicialmente em função do estado físico, em três grupos: material particulado, gases e vapores (CERON, 2009).

Dentre os poluentes atmosféricos, o material particulado apresenta grande relevância devido à sua complexidade em termos de composição química e propriedades físicas (CETESB, 2012). Ao analisar a quantificação de material particulado (MP) emitido em dutos e chaminés, de fontes estacionárias, Esmanhoto (2010) enfatiza o seu enquadramento aos padrões de emissão legais estabelecidos em normas ambientais, o que também fornece importante informação para a indústria, que poderá utilizá-la de forma a verificar as necessidades de variações do seu processo industrial, aprimorando a eficiência dos sistemas de controle instalados e otimizando a instalação de novos equipamentos.

O desenvolvimento industrial de um país afeta consideravelmente a qualidade do ar. A reversibilidade dessa situação não ocorre até que um nível de capital seja atingido e para que isso ocorra, é necessário que seja feito controle das emissões e que elas sejam regulamentadas por lei, ou seja, que se torne uma obrigatoriedade legal (BAIRD, 2002).

Existem processos onde são utilizadas centenas ou até milhares de litros de produtos chamados VOC's, que são conhecidos como substâncias gasosas orgânicas voláteis, o qual são despejados a cada mês de operação. Estes produtos estão contidos principalmente nas tintas, com uma composição final variando entre 40 e até 85% contabilizados como solventes. Os referidos solventes são utilizados para melhorar a viscosidade e aplicação do produto final; após sua catálise (tinta seca), porém, não participam da composição do produto final pintado, são voláteis sensíveis a variações de temperatura.(DUARTE,2011).



Duarte coloca ainda que os compostos orgânicos voláteis (COV's) são definidos como compostos orgânicos de elevada pressão de vapor e são facilmente vaporizados em condições de temperatura e pressão ambientes.

A maioria dos hidrocarbonetos, incluindo orgânicos nitrogenados, clorados e sulfurados são designados como COV's. Os termos hidrocarbonetos (HC) e COV's são geralmente confundidos, sendo que os últimos são um subgrupo dos primeiros. Os hidrocarbonetos são geralmente derivados do petróleo e são formados exclusivamente por átomos de hidrogênio e carbono e o, sendo o metano o gás mais abundante. No grupo dos COV's incluem-se os alcanos (metano), os alcenos (altamente reativos), os alcinos (raros na atmosfera), os aromáticos (derivados do benzeno), os aldeídos e as cetonas. Os restantes COV's não hidrocarbonetos, apesar de pouco abundantes, apresentam elevada reatividade: óxidos de etileno, formaldeído, formol, tetracloreto de carbono, CFC e PCB. (Carlini, 1988).


Os compostos orgânicos voláteis (COVs) são uma classe de contaminantes com características bastante diferenciadas dos restantes poluentes atmosféricos. O número de espécies orgânicas na atmosfera é muito elevado e as pressões de vapor de muitas delas fazem com que a transição entre as fases gasosa e particulada seja frequente. Assim, existe uma variedade de compostos orgânicos presentes simultaneamente como vapores e como partículas no ar ambiente. (ALVES; PIO, 2006).

De uma forma geral, a qualidade do ar é produto da interação de um complexo conjunto de fatores dentre os quais se destacam a magnitude das emissões, a topografia e as condições meteorológicas da região, favoráveis ou não à dispersão dos poluentes (MMA, 2015).

Em se tratando de poluentes atmosféricos a Resolução CONAMA 436/2011 estabelece os limites máximos de emissão de poluentes atmosféricos para fontes fixas instaladas ou com pedido de licença de instalação anteriores a 02 de janeiro de 2007, a Resolução CONAMA 316/2002 que dispõe sobre procedimentos e critérios para o funcionamento de sistemas de tratamento térmico de resíduos e a Resolução SEMA/PR 016/2014 que define critérios para o controle da qualidade do ar em se tratando de compostos orgânicos voláteis.

O empreendimento avaliado está situado no Distrito Agroindustrial de Anápolis- DAIA e desenvolve a atividade de fabricação de automóveis novos. As etapas do processo industrial consistem em **pintura e montagem de veículos novos**.

Nos processos de pintura, acontecem a secagem e polimerização do filme de tinta aplicado na superfície da peça, que ocorre em ambiente apropriadamente aquecido, termicamente isolado de modo a evitar a saída de calor para o ambiente externo. As peças



plásticas são pintadas numa área denominada *Small Parts* e as peças metálicas dos veículos são pintadas na área denominada *Paint Shop*.

O processo consiste na exposição das peças em ar quente associado à recirculação constante (convecção) no interior do túnel de trabalho. A instalação é composta pelos secadores: pintura de imersão (*ED-OVEN*), pintura *primer* (*PRIMER OVEN*), pintura esmalte (*TOP COAT OVEN*); aplicação UBS (*UBS OVEN*); *paint shop*. Para se evitar a saída de ar aquecido para o ambiente pelas silhuetas de entrada e saída, são instalados selos de ar aquecido que, quando insuflado, forma uma cortina evitando a saída de ar do secador para o ambiente. O ar de alimentação dos selos é aquecido, diretamente por mistura de ar, com produtos limpos de combustão de queimadores a gás. Os exaustores direcionam os gases e compostos orgânicos voláteis (COV's) ou solventes liberados durante a cura da massa de *sealer* para tratamento no Redutor Térmico Oxidativo RTO que é um sistema denominado oxidação térmica recuperativa são instalados para purificar o ar de exaustão carregado de poluentes dos fornos de curas de tinta. O calor liberado por este processo pode ser usado como fonte direta de aquecimento na a área de secagem. Assim todas as chaminés das cabines de pintura são direcionadas aos dois RTOs da empresa, a fim de tratamento dos gases antes de serem emitidos para a atmosfera.

O presente estudo, teve como objetivo a avaliação dos níveis de emissão de poluentes atmosféricos bem como a eficiência do sistema de tratamento RTO dos gases provenientes da atividade de fabricação e montagem de veículos por meio de análises químicas de efluente atmosférico emitidos por meio de 7 (sete) chaminés denominadas de fontes fixas existentes nos processos de pintura automotiva de peças metálicas que são executadas no sistema de exaustão *Paint Shop* e das pinturas das peças plásticas que são realizadas no sistema de exaustão *Small Parts*.

MATERIAL E MÉTODOS

Realizou-se estudo do comportamento das emissões atmosféricas em 7 (sete) fontes fixas (chaminés) provenientes de cabines de pintura automotiva, denominados sistema *small parts* e *paint shop* para fabricação de veículos novos numa indústria automobilística, que fabrica e monta veículos novos localizada no Distrito Agroindustrial de Anápolis – DAIA. Os dados das análises químicas, são referentes aos Monitoramentos de Emissões Atmosféricas e foram gentilmente disponibilizados pela empresa e foram realizadas pelo SENAI GO em parceria com

Instituto SENAI de Tecnologia em Meio Ambiente – PR. As figuras 1 e 2 abaixo mostram o telhado da indústria e a disposição das fontes fixas avaliadas.

Figura 1 – Detalhes das chaminés monitoradas dos sistema *Paint Shop*.



Figura 2 – Detalhes chaminés monitoradas do sistema *Small Parts*.



Coletas, Análises e Equipamentos

As coletas consistiram em análises químicas para determinação das concentrações de material particulado (MP), Oxigênio (O₂), dióxido de enxofre (SO₂), dióxido de nitrogênio (NO₂), Compostos Orgânicos Voláteis (VOC's) e metais que estão presentes nas tintas como arsênio (As), cádmio (Cd), chumbo (Pb), cobre (Cu) e cromo (Cr) resultantes do processo produtivo. Os equipamentos utilizados para as coletas dos poluentes referenciados foram: Coletor Isocinético de Poluentes Atmosféricos – CIPA da marca Energética para as coletas de MP, O₂ e Metais, Analisador de gases 3000 *Eurotron* para coleta e análise dos gases de combustão SO₂ e NO₂ e Analisador de Compostos Orgânicos Voláteis com detector FID (*Flame Ionization Analyser*) portátil para as coletas e análise dos COV's da marca Energética.

As amostragens são referentes às campanhas de monitoramento ambiental de emissões atmosféricas realizadas nos anos de 2012, 2014 e 2015 por solicitação do órgão ambiental competente do estado de Goiás, então denominado Secretaria Estadual do Meio Ambiente e Recursos Hídricos SEMARH, hoje, Secretaria de Meio Ambiente, Recursos Hídricos, Infraestrutura, Cidades e Assuntos Metropolitanos -SECIMA instituído pela fusão dessas cinco secretarias e que foram gentilmente cedidas pela empresa para realização deste estudo.

As coletas de MP, O₂, os gases de combustão CO₂, NO₂ e SO₂ bem como as amostras para determinação laboratorial dos metais Ar, Cd, Pb, Cu e Cr foram realizadas pelo Núcleo de Meio Ambiente do SENAI Vila Canaã GO em parceria com o Instituto SENAI de Tecnologia em Meio Ambiente do Paraná que realizou as coletas e análises de COV. As análises químicas de metais, foram coletadas em triplicata e enviadas para laboratórios acreditados na ISO 17.025 que certifica laboratórios quanto a execução das atividades laboratoriais com precisão e qualidade seguindo as normas pertinentes para análise de metais.

As atividades de coletas, análises e medições em campo obedeceram as Normas Técnicas da ABNT (Associação Brasileira de Normas Técnicas) bem como da USEPA (*U. S. Environmental Protection Agency*). As normas técnicas utilizadas para a realização deste foram:

ABNT:

- NBR 11966/89 – Efluentes gasosos em dutos e chaminés de fontes estacionárias – Determinação da Velocidade e Vazão;

- NBR 11967/89 – Efluentes gasosos em dutos e chaminés de fontes estacionárias – Determinação da umidade;
- NBR 12019/90– Efluentes gasosos em dutos e chaminés de fontes estacionárias - Determinação de Material Particulado;
- NBR 12020/92 – Efluentes gasosos em chaminés de fontes estacionárias – calibração dos equipamentos utilizados em amostragem.

CETESB:

- L9. 210 – Análise dos Gases de Combustão com aparelho *Orsat*
- L9. 221 – Dutos e Chaminés de Fontes Estacionárias – Determinação de pontos de amostragens
- L9. 222 – Dutos e Chaminés de Fontes Estacionárias – Determinação da velocidade e vazão dos gases
- Dutos e Chaminés de Fontes Estacionárias – Determinação da massa molecular seca do excesso de ar
- L9. 224 – Dutos e Chaminés de Fontes Estacionárias – Determinação da Unidade dos gases

US EPA:

- *Method 001 – Traverse Points – Stationary Sources*
- *Method 001 A – Small Ducts – Sample & Velocity Traverses*
- *Method 002 – Velocity and S-Type Pilot*
- *Method 003 – Molecular Weight-Carbon Dioxide, Oxygen*
- *Method 29 - Determination Of Metals Emissions From Stationary Sources*
- *OTM-29 – Sampling and Analysis of Hydrogen Cyanide Emissions from Stationary Sources*

ABNT = Associação Brasileira de Normas Técnicas

CETESB = Companhia Ambiental do Estado de São Paulo

US EPA = *Environmental Protection Agency*.

As amostragens para determinação de Material Particulado, Gases de combustão (NO₂) e determinação dos metais nos efluentes gasosos, foram realizadas em triplicata através de um eixo transversal, passante pelo furo da fonte de coleta (chaminé). Cada coleta realizada teve duração de 60 minutos, avaliando-se os seguintes parâmetros:

- Temperatura Média dos Gases;
- Velocidade Média dos Gases;
- Vazão Média dos Gases;
- Umidade dos Gases;
- Isocinética dos Gases.

A título de comparação dos resultados das análises, foram utilizadas a Resolução CONAMA 436/2011 que estabelece os limites máximos de emissão de poluentes atmosféricos para fontes fixas adotou-se o anexo 1 como referência e Resolução CONAMA 316/2002 que dispõe sobre procedimentos e critérios para o funcionamento de sistemas de tratamento térmico de resíduos. Estas normas foram usadas, devido à inexistência de legislação Estadual no estado de Goiás e Federal para a emissão de poluentes da atividade de fabricação de veículos. Para a emissão de compostos orgânicos voláteis, foi utilizado a título de comparação como parâmetro, a Resolução SEMA/PR 016/2014 que é a única legislação no país que define os parâmetros permitidos para emissão de COV em dutos industriais de cabines de pintura automotiva. Portanto, não há legislação específica vigente, para este segmento industrial.

Foi realizado teste estatístico de análise dos componentes principais (PCA) para os componentes dos poluentes realizados no monitoramento de emissões atmosféricas na estação seca.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os resultados das análises obtidos, são referentes ao processo de pintura de peças automotivas em dois sistemas denominados *Paint Shop* que agregam a pintura das peças metálicas dos veículos como carrocerias, chassis e *Small Parts* que realizam a pintura das peças plásticas do veículo como retrovisores, para-choques. As coletas das amostras foram realizadas em triplicata e em condições normais de operação do processo de pintura e montagem de peças de veículos.

Os resultados de material particulado e gases de combustão NO_x e SO_x foram comparados com os valores previstos na Resolução CONAMA nº 436, de 26 de dezembro de 2011, que estabelece os limites máximos de emissão de poluentes atmosféricos para fontes fixas instaladas ou com pedido de licença de instalação anterior a 02 de janeiro de 2007 – ANEXO I – referente aos limites de emissão para poluentes atmosféricos provenientes de processos de geração de calor a partir da combustão externa de óleo combustível.

Os resultados de metais foram comparados com os valores previstos na Resolução CONAMA 316/2002 que dispõe sobre procedimentos e critérios para o funcionamento de sistemas de tratamento térmico de resíduos. Para os resultados de substâncias orgânicas voláteis, utilizou-se a Resolução Nº 016/2014 - SEMA- PR que trata do controle da poluição atmosférica, do Instituto Ambiental do Paraná - IAP, para atividades industriais.

Adotou-se as legislações CONAMA 436/2011 ANEXO I, CONAMA 316/2002 e SEMA 016/2014 do Estado do Paraná como parâmetro de comparação uma vez que não há legislação específica vigente, para este segmento industrial.

Abaixo, seguem os resultados obtidos nas coletas e análises e valores permitidos conforme legislação aplicada.

Material Particulado

Tabela 1- Média dos Resultados de Material particulado em comparação com Resolução CONAMA 436/2011

Chaminé Monitorada	Resultados MP (mg/Nm ³) 2012	Resultados MP (mg/Nm ³) 2014	Resultados MP (mg/Nm ³) 2015	*Limites Resolução CONAMA 436/2011 (mg/Nm ³)
Exaustão RTO (<i>Small Parts</i>)	122,9	4,73	2,4	300
Exaustão Estufa <i>Top-Coat (Small Parts)</i>	100,9	7,36	4,15	300
Exaustão Estufa <i>E-Coat (Paint Shop)</i>	293,23	19,21	15,1	300
Exaustão Estufa UBS (<i>Paint Shop</i>)	60,9	7,16	3,55	300
Exaustão Estufa <i>Primer (Paint Shop)</i>	198,63	18,66	21,05	300
Exaustão <i>Top Coat (Paint Shop)</i>	95,6	12,90	44,6	300
Exaustão RTO (<i>Paint Shop</i>)	421,6	20,35	30,5	300

Fonte: adaptado Resolução CONAMA 436/2011 Anexo 1.

Observando-se os valores obtidos nas médias das coletas e comparando-os com os limites de emissão estabelecidos pela Resolução CONAMA nº436/2011 Anexo 1, adotado a título de comparação, devido falta de legislação específica para a atividade de fabricação de veículos novos. Verificou-se que os valores apresentados encontram-se dentro do limite máximo permitido para a emissão de Material Particulado com exceção do Exaustor RTO (Paint Shop) que apresentou valor maior que o permitido pela legislação de referência e que conforme informações de produção repassadas pela empresa, em 2012 o sistema RTO não operava plenamente e após realização do primeiro monitoramento após solicitação do órgão ambiental competente no Estado de Goiás foi constatada a importância de tal sistema de

controle e os dois RTO's passaram a operar durante todo o processo produtivo na empresa como forma de garantir eficiência máxima do sistema de controle de poluição.

NO₂

Tabela 2 – Média dos Resultados de NO₂

Chaminé Monitorada	Resultados NO ₂ (mg/Nm ³) 2012	Resultados NO ₂ (mg/Nm ³) 2014	Resultados NO ₂ (mg/Nm ³) 2015	*Limites Resolução CONAMA 436/2011 (mg/Nm ³)
Exaustão RTO (<i>Small Parts</i>)	7,19	0,34	0,29	1600
Exaustão Estufa <i>Top-Coat (Small Parts)</i>	0,1	0,1	0,00	1600
Exaustão Estufa <i>E-Coat (Paint Shop)</i>	6,61	6,23	2,91	1600
Exaustão Estufa UBS (<i>Paint Shop</i>)	1,43	11,63	3,06	1600
Exaustão Estufa <i>Primer (Paint Shop)</i>	4,13	5,14	2,26	1600
Exaustão <i>Top Coat (Paint Shop)</i>	0,14	1,14	6,70	1600
Exaustão RTO (<i>Paint Shop</i>)	0,1	6,83	36,04	1600

Fonte: adaptado Resolução CONAMA 436/2011 Anexo 1.

Observando-se os valores obtidos nas médias das coletas e comparando-os com os limites de emissão estabelecidos pela Resolução CONAMA nº436/2011, adotado a título de comparação, devido falta de legislação para a referida atividade, verificou-se que os valores apresentados, encontram-se dentro do limite máximo permitido para a emissão de NO₂.

SO₂

Tabela 2 – Média dos Resultados de SO₂

Chaminé Monitorada	Resultados NO ₂ (mg/Nm ³) 2012	Resultados NO ₂ (mg/Nm ³) 2014	Resultados NO ₂ (mg/Nm ³) 2015	*Limites Resolução CONAMA 436/2011 (mg/Nm ³)
Exaustão RTO (<i>Small Parts</i>)	0,34	0,34	3,28	2700
Exaustão Estufa <i>Top-Coat (Small Parts)</i>	0,1	0,1	4,37	2700
Exaustão Estufa <i>E-Coat (Paint Shop)</i>	6,23	6,23	4,88	2700
Exaustão Estufa UBS (<i>Paint Shop</i>)	11,63	11,63	0,01	2700
Exaustão Estufa <i>Primer (Paint Shop)</i>	5,14	5,14	41,14	2700
Exaustão <i>Top Coat (Paint Shop)</i>	1,14	1,14	7,50	2700
Exaustão RTO (<i>Paint Shop</i>)	6,83	6,83	4,30	2700

Fonte: adaptado Resolução CONAMA 436/2011 Anexo 1.

Observando-se os valores obtidos nas médias das coletas e comparando-os com os limites de emissão estabelecidos pela Resolução CONAMA nº436/2011 Anexo 1 adotado a título de comparação, devido falta de legislação para a referida atividade, verificou-se que os valores apresentados, encontram-se dentro do limite máximo permitido para a emissão de SO₂.

Metais

Tabela 3 – Média dos Resultados de Arsênio (As)

Chaminé Monitorada	Resultados As (mg/Nm ³) 2012	Resultados As (mg/Nm ³) 2014	Resultados As (mg/Nm ³) 2015	*Limites Resolução CONAMA 316/2002 (mg/Nm ³)
Exaustão RTO (<i>Small Parts</i>)	0,001	0,001	0,001	0,028
Exaustão Estufa <i>Top-Coat (Small Parts)</i>	0,001	0,001	0,001	0,028
Exaustão Estufa <i>E-Coat (Paint Shop)</i>	0,001	0,001	0,001	0,028
Exaustão Estufa UBS (<i>Paint Shop</i>)	0,001	0,001	0,001	0,028
Exaustão Estufa <i>Primer (Paint Shop)</i>	0,001	0,001	0,001	0,028
Exaustão <i>Top Coat (Paint Shop)</i>	0,001	0,001	0,001	0,028
Exaustão RTO (<i>Paint Shop</i>)	0,001	0,001	0,001	0,028

Fonte: adaptado Resolução CONAMA 316/2002.

Tabela 4 – Média dos Resultados de Arsênio (Cd)

Chaminé Monitorada	Resultados Cd (mg/Nm ³) 2012	Resultados Cd (mg/Nm ³) 2014	Resultados Cd (mg/Nm ³) 2015	*Limites Resolução CONAMA 316/2002 (mg/Nm ³)
Exaustão RTO (<i>Small Parts</i>)	0,001	0,001	0,001	0,028
Exaustão Estufa <i>Top-Coat (Small Parts)</i>	0,001	0,001	0,001	0,028
Exaustão Estufa <i>E-Coat (Paint Shop)</i>	0,001	0,001	0,001	0,028
Exaustão Estufa UBS (<i>Paint Shop</i>)	0,001	0,001	0,001	0,028
Exaustão Estufa <i>Primer (Paint Shop)</i>	0,001	0,001	0,001	0,028
Exaustão <i>Top Coat (Paint Shop)</i>	0,001	0,001	0,001	0,028
Exaustão RTO (<i>Paint Shop</i>)	0,001	0,001	0,001	0,028

Fonte: adaptado Resolução CONAMA 316/2002.

Tabela 5 – Resumo Resultados de Chumbo (Pb)

Chaminé Monitorada	Resultados Pb (mg/Nm ³) 2012	Resultados PB (mg/Nm ³) 2014	Resultados PB (mg/Nm ³) 2015	*Limites Resolução CONAMA 316/2002 (mg/Nm ³)
Exaustão RTO (<i>Small Parts</i>)	0,1	0,06	0,0009	7
Exaustão Estufa <i>Top-Coat (Small Parts)</i>	0,1	0,0027	0,0009	7
Exaustão Estufa <i>E-Coat (Paint Shop)</i>	0,1	0,3833	0,0009	7
Exaustão Estufa UBS (<i>Paint Shop</i>)	0,1	0,0033	0,0030	7
Exaustão Estufa <i>Primer (Paint Shop)</i>	0,1	0,001	0,01	7

Exaustão <i>Top Coat (Paint Shop)</i>	0,1	0,01	0,1	7
Exaustão RTO (<i>Paint Shop</i>)	0,1	0,01	0,1	7

Fonte: adaptado Resolução CONAMA 316/2002.

Tabela 6 – Resumo Resultados de Chumbo (Cu)

Chaminé Monitorada	Resultados Cu (mg/Nm ³) 2012	Resultados Cu (mg/Nm ³) 2014	Resultados Cu (mg/Nm ³) 2015	*Limites Resolução CONAMA 316/2002 (mg/Nm ³)
Exaustão RTO (<i>Small Parts</i>)	0,1	0,06	0,007	7
Exaustão Estufa <i>Top-Coat (Small Parts)</i>	0,1	0,0027	0,001	7
Exaustão Estufa <i>E-Coat (Paint Shop)</i>	0,1	0,3833	0,001	7
Exaustão Estufa UBS (<i>Paint Shop</i>)	0,1	0,0033	0,001	7
Exaustão Estufa <i>Primer (Paint Shop)</i>	0,1	0,001	0,001	7
Exaustão <i>Top Coat (Paint Shop)</i>	0,1	0,01	0,002	7
Exaustão RTO (<i>Paint Shop</i>)	0,1	0,01	0,001	7

Fonte: adaptado Resolução CONAMA 316/2002.

Tabela 7– Resumo Resultados de Cromo (Cr)

Chaminé Monitorada	Resultados Cr (mg/Nm ³) 2012	Resultados Cr (mg/Nm ³) 2014	Resultados Cr (mg/Nm ³) 2015	*Limites Resolução CONAMA 316/2002 (mg/Nm ³)
Exaustão RTO (<i>Small Parts</i>)	0,05	0,05	0,05	7
Exaustão Estufa <i>Top-Coat (Small Parts)</i>	0,05	0,05	0,001	7
Exaustão Estufa <i>E-Coat (Paint Shop)</i>	0,05	0,05	0,003	7
Exaustão Estufa UBS (<i>Paint Shop</i>)	0,05	0,05	0,005	7
Exaustão Estufa <i>Primer (Paint Shop)</i>	0,05	0,05	0,05	7
Exaustão <i>Top Coat (Paint Shop)</i>	0,05	0,05	0,05	7
Exaustão RTO (<i>Paint Shop</i>)	0,05	0,05	0,05	7

Fonte: adaptado Resolução CONAMA 316/2002.

Observando-se os valores obtidos nas médias das coletas e comparando-os com os limites de emissão estabelecidos pela Resolução CONAMA nº316/2002, verificou-se que os valores apresentados, encontram-se dentro do limite máximo permitido para a emissão de metais.

Carbono Orgânico Voláteis (COV)

Tabela 8 – Resultados de Carbono Orgânico Voláteis (COV)


Chaminé Monitorada	Resultados Resultados VOCs (mg/Nm ³) 2012	Resultados Resultados VOCs (mg/Nm ³) 2014	Resultados Resultados VOCs (mg/Nm ³) 2015	*Limites Resolução SEMA 016/2014 (mg/Nm ³)
Exaustão RTO (<i>Small Parts</i>)	0,98	6,16	0,6	50
Exaustão Estufa <i>Top-Coat (Small Parts)</i>	2,09	69,08	56,63	50
Exaustão Estufa <i>E-Coat (Paint Shop)</i>	84,23	221,51	187,83	50
Exaustão Estufa UBS (<i>Paint Shop</i>)	15,87	151,5	75,48	50
Exaustão Estufa <i>Primer (Paint Shop)</i>	15,05	422,56	246,39	50
Exaustão <i>Top Coat (Paint Shop)</i>	21,76	566,55	338,63	50
Exaustão RTO (<i>Paint Shop</i>)	17,28	40,79	9,06	50

Fonte: adaptado Resolução CONAMA 436/2011.

Observando-se os valores obtidos nas análises de COV's provenientes dos processos de pintura automotivas e comparando com o Artigo 26 padrões de emissão da resolução 016/14 SEMA- PR – Para processos de secagem de pintura em secadores, com taxa de emissão de substâncias gasosas orgânicas, expresso como carbono total, fica estabelecida a concentração de substâncias gasosas orgânicas não deve ultrapassar 50 mg/Nm³, expresso como carbono total. Assim se encontram fora dos padrões estabelecidos neste parâmetro as fontes: Exaustão Estufa *Top Coat (small parts)* em 2014 e 2015, Exaustão Estufa *E-Coat (paint shop)* nas medições de 2014 e 2015, Estufa UBS (*paint shop*) nas avaliações de 2014 e 2015, Exaustão Estufa *Primer (paint shop)* para os anos 2012, 2014 e 2015 e Exaustão Estufa *Top Coat (paint shop)*.

Cabe ressaltar que cada chaminé foi monitorada isoladamente, ou seja, sem estarem interligadas ao sistema de tratamento de gases orgânicos RTO que realiza a incineração dos gases poluentes antes de serem lançadas na atmosfera. O objetivo de analisar cada fonte fixa foi de verificar a emissão real de cada fonte estacionária. Usualmente na empresa, todas as chaminés provenientes da exaustão dos processos de pintura automotiva, são interligadas ao RTO para posteriormente serem lançadas à atmosfera.

As chaminés que emitiram COV dentro do limite permitido estabelecido pela Resolução SEMA 016/2014- PR foram fontes os exaustores pertencentes *RTO's Small Parts e Paint Shop* que constituem o sistema de controle de emissões atmosféricas. Portanto, constata-



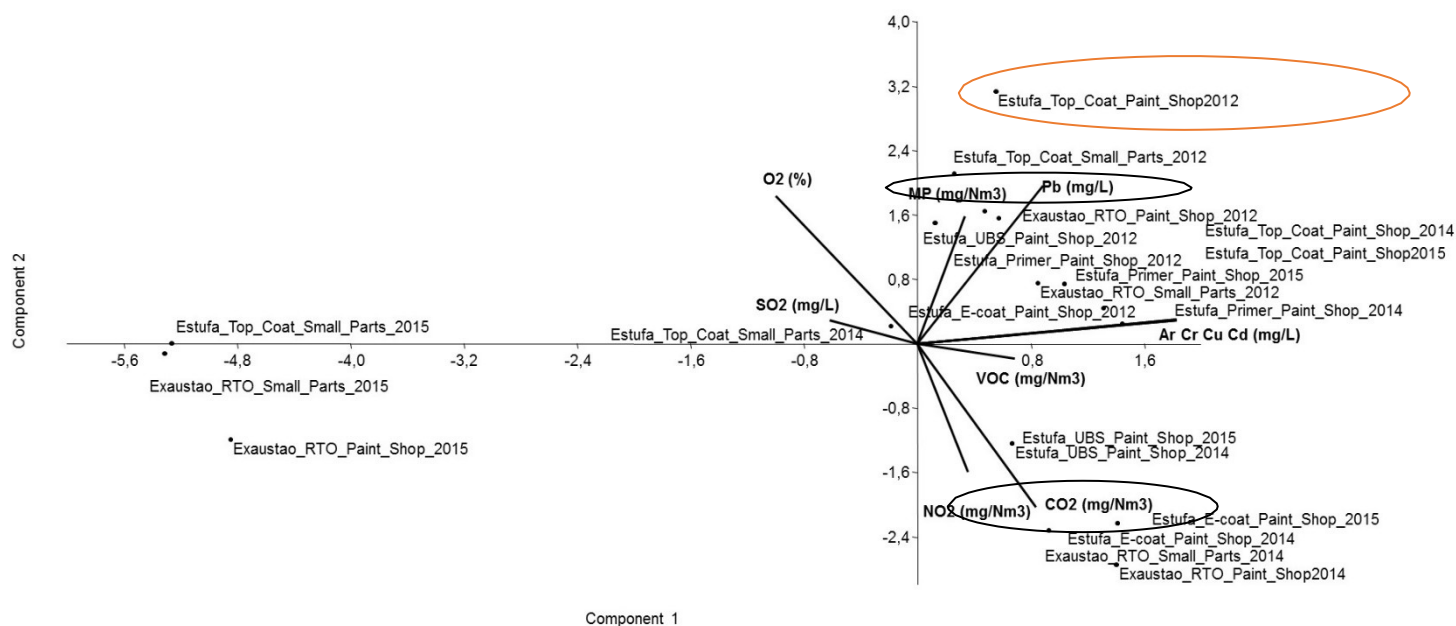
se que esse sistema possui significativa eficiência e cumpre seu papel que é a queima dos gases poluentes em especial os gases orgânicos.

A análise de componentes principais- PCA figura 3, aplicada como tratamento estatístico no estudo, mostra a relação entre os eixos e pontos de emissão, temos uma forte relação direta entre o parâmetro Material Particulado (MP) e a emissão de chumbo (Pb) o que demonstra que, se há um aumento de material particulado, há um aumento de emissão de Pb. Verifica-se também, relação direta entre a emissão dos gases de combustão Dióxido de Nitrogênio (NO₂) e Dióxido de Carbono (CO₂) o qual nos mostra que se houver um aumento de emissão do poluente NO₂, há um aumento de emissão de CO₂ e vice e versa.

Tem-se também, uma relação inversa entre os poluentes COV e SO₂, e também relação inversão entre elementos metálicos Ar, Cr, Cu e Cd e SO₂. Assim quando a emissão de SO₂ aumenta, diminui a emissão de COV e dos metais Ar, Cr, Cu e Cd e vice e versa também pode ocorrer quando há uma diminuição na emissão de SO₂ há um aumento de COV e dos referidos metais.

A PCA mostra com relação às chaminés, a emissão será maior conforme a proximidade do eixo. Assim, a chaminé da estufa *Top Coat Paint Shop 2012*, foi a que teve maior emissão de MP e PB conforme pode ser visualizado na figura 3. Seguindo as análises da PCA, é possível visualizar que as chaminés que emitiram menos poluentes foram as chaminés do RTO (reduzidor térmico oxidativo) do processo *paint shop* e o RTO do processo *small parts*. Estes exaustores são provenientes do sistema de controle de poluição de poluentes atmosféricos que ocorrem por meio de incineração dos gases. Portanto, fica evidenciado a eficiência do referido sistema.

Figura 3 - Análise de Componentes Principais – PCA que detalha relação entre os eixos e pontos de emissão de poluentes atmosféricos.



A seguir seguem os gráficos que mostram os níveis de emissão dos poluentes por chaminé monitorada e o período de emissão das mesmas. Os gráficos são referentes à emissão de COV, MP e SO₂ que tiveram maior significância e relação conforme análise estatística aplicada.

Para facilitar a alocação das chaminés nos gráficos, estas foram nomeadas por letras objetivando melhor entendimento como pode ser visualizada na tabela abaixo.

Tabela 9 – Legenda das chaminés monitoradas

Código	Chaminé
A	Estufa <i>Top-Coat Small Parts</i> 2012
B	Exaustão <i>RTO Small Parts</i> 2012
C	Estufa <i>Top Coat Paint Shop</i> 2012
D	Estufa <i>UBS Paint Shop</i> 2012
E	Estufa <i>E-coat Paint Shop</i> 2012
F	Estufa <i>Primer Paint Shop</i> 2012
G	Exaustão <i>RTO Paint Shop</i> 2012
H	Estufa <i>Top Coat Small Parts</i> 2014
I	Exaustão <i>RTO Small Parts</i> 2014
J	Exaustão <i>RTO Paint Shop</i> 2014
K	Estufa <i>UBS Paint Shop</i> 2014
L	Estufa <i>E-coat Paint Shop</i> 2014
M	Estufa <i>Primer Paint Shop</i> 2014
N	Estufa <i>Top Coat Paint Shop</i> 2014
O	Estufa <i>Top Coat Small Parts</i> 2015
P	Exaustão <i>RTO Small Parts</i> 2015
Q	Exaustão <i>RTO Paint Shop</i> 2015

R	Estufa UBS <i>Paint Shop</i> 2015
S	Estufa <i>E-coat Paint Shop</i> 2015
T	Estufa <i>Primer Paint Shop</i> 2015
U	Estufa <i>Top Coat Paint Shop</i> 2015

Fonte: Autor.

A figura 4, retrata a emissão de COV por fonte fixa monitorada e mostra quais chaminés emitiram maiores quantidades do referido poluente. A Estufa *Top Coat do Paint Shop* em 2014 (N) foi a chaminé que mais emitiu o gás COV seguida da Estufa *Primer Paint Shop* de 2014 (M), Estufa *Top Coat Paint Shop* 2015(U), Estufa *Primer Paint Shop* 2015 (T), Estufa *E-coat Paint Shop* 2014 (L), Estufa UBS *Paint Shop* 2014 (K), Estufa *E-coat Paint Shop* 2012 (E), Estufa UBS *Paint Shop* 2015 (R) e Estufa *E-Coat Paint Shop* 2015 (S).

Vale ressaltar que o sistema *Paint Shop* compõem o processo de pintura das peças metálicas do carro inclusive peças de tamanho maiores como a carroceria e chassi dos veículos, já o sistema *Small Parts* realiza a pintura de peças plásticas e menores dos automóveis como retrovisores e para-choques.

A Estufa *Top Coat do Paint Shop* o qual emitiu mais COV, compõem o processo de pintura das carrocerias e para-choques ou seja as peças maiores do veículo sendo que estes, recebem duas camadas de tintas nas peças sendo preparadas diferentes tipos de solvente que variam conforme a tinta empregada no processo e também contam com vários procedimentos manuais para efetivação da pintura o que acarreta no uso de maiores quantidades de tintas e solventes que por sua natureza volátil, geraram maiores quantidades de gases orgânicos encaminhados pelos exaustores à atmosfera, o que pôde ser verificado nas análises químicas. Quanto ao ano de maior emissão, deve-se também o bom momento econômico e uma produção expressiva da indústria automotiva em 2014.

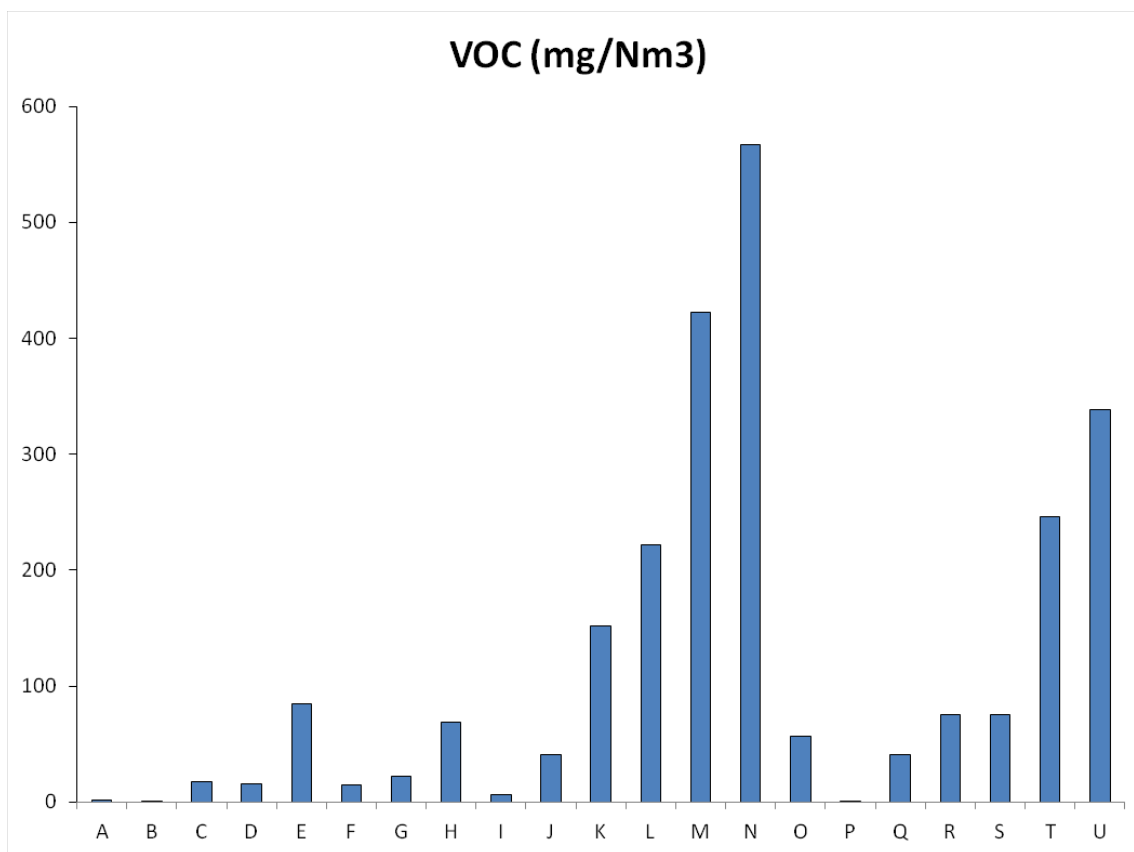


Figura 4 –Emissão de COV por chaminé proveniente do processo de pintura de peças metálicas paint shop e peças plásticas small parts.

As fontes fixas que emitiram menos COV foram os exaustores do RTO (Redutor Térmico Oxidativo) que compõem o sistema de controle de emissões atmosféricas sendo que a chaminé que menos emitiu o poluente foi o Exaustor RTO *Small Parts* 2015 (P) e o mesmo exaustor em 2012 (B) seguido da Estufa *Top Coat Small Parts* 2012 (A). O sistema *Small Parts* realiza pintura de peças menores dos veículos, utilizam menores quantidades de tintas e solventes, possuem processo totalmente automatizado por meio de pistolas otimizando as quantidades de tintas utilizadas na pintura o que confere menor produção de COV e portanto menores emissões do poluente para a atmosfera.

Cabe ressaltar que a empresa só emite para a atmosfera o efluente gasoso dos exaustores RTO, porém, para efeito de conhecimento de quanto cada fonte emite, realiza-se anualmente as medições de cada chaminé isoladamente e dos RTOs com todos os exaustores interligados nos mesmos como forma de verificar a eficiência do tratamento. A primeira medição solicitada foi em 2012 e em 2013, não foi realizada a medição que só foi efetivada para ser feita anualmente pelo órgão ambiental em 2014.

Ao avaliar os níveis de emissão de MP por fonte estacionária, constantes no gráfico da figura 5, verifica-se que Exaustor RTO *do Paint Shop* do processo produtivo de 2012 (G), foi a fonte estacionária que mais emitiu MP seguida da *E Coat do Paint Shop* (E) e Estufa *Primer Paint Shop* (F) também dos processos de 2012. Analisando as demais fontes em 2012, é possível verificar que a Estufa *UBS Paint Shop* foi a que menos emitiu MP. Já nos processos produtivos de 2014 e 2015 percebe-se uma diminuição significativa na emissão de MP das chaminés em relação à produção de 2012. De acordo com informações da empresa, em 2012 o sistema RTO não operava plenamente e após realização do primeiro monitoramento foi vista a importância de tal sistema de controle e os mesmos passaram a operar durante todo o processo produtivo na empresa como forma de garantir eficiência máxima do sistema de controle de poluição.

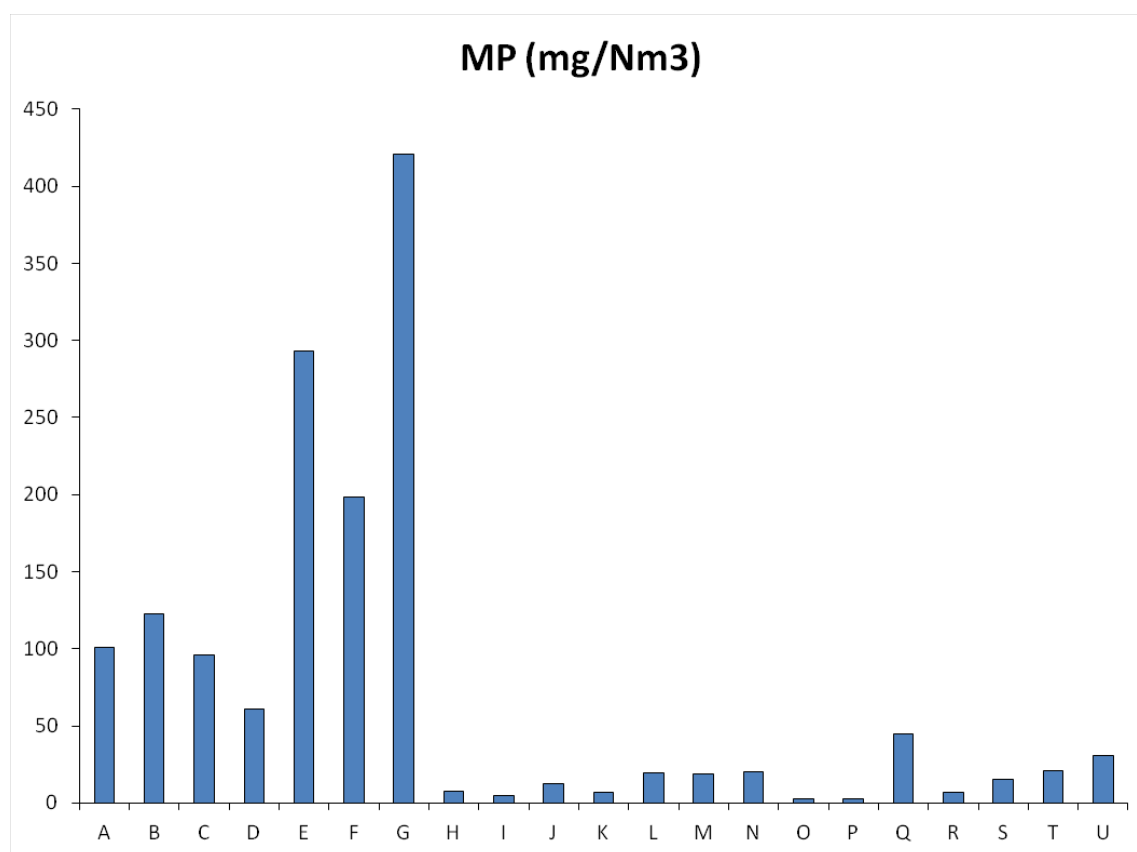


Figura 5 –Emissão de MP por chaminé proveniente do processo de pintura de peças metálicas *Paint Shop* e peças plásticas *Small Parts*.

As análises de emissão de SO₂ por fonte estacionária nos mostra que a estufa *Primer Paint Shop* de 2015(T) foi a que mais emitiu o referido poluente seguido das chaminés do *RTO Paint Shop em 2014* (H) estufa *RTO Paint Shop em 2012*(D) e estufa *RTO Paint Shop em 2015*(Q). A estufa que menos emitiu SO₂ foi a chaminé *Top- Coat Small Parts 2012*(A).

Esses níveis nos mostra quais chaminés emitiram mais do poluente. Porém a quantidade de SO₂ emitida no processo não é significativa quando se compara com outros segmentos industriais estando bem abaixo do preconizado pela legislação pertinente.

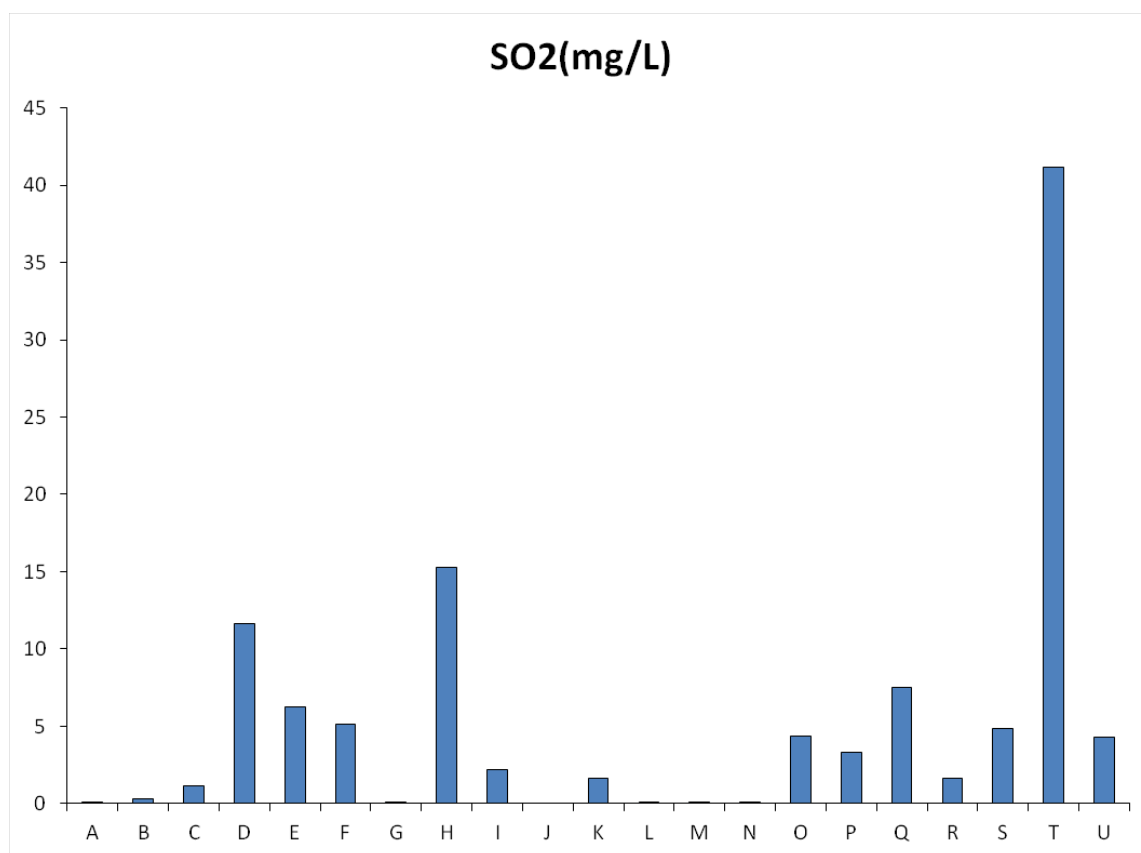


Figura 6 – Emissão de SO₂ pelas chaminés provenientes do processo de pintura de peças metálicas paint shop e peças plásticas small parts.

CONCLUSÃO

Os resultados obtidos pelos monitoramentos de emissões atmosféricas das chaminés provenientes do processo de pintura de peças automotivas por meio das análises físico-químicas nos permitiram concluir que o principal poluente gerado no processo de montagem de veículos é o Carbono Orgânico Volátil – COV.

As chaminés que emitiram COV dentro do limite permitido estabelecido pela Resolução SEMA 016/2014- PR, foram fontes os exaustores RTO's *Small Parts* e *Paint Shop* que constituem o sistema de controle de emissões atmosféricas. Portanto, constata-se que esse sistema possui significativa eficiência e cumpre seu papel de reduzir a emissão dos gases poluentes por meio de incineração. Assim é de extrema importância esse sistema de tratamento e controle de emissão dos gases poluentes.

Os demais poluentes monitorados, como MP, SO₂, NO₂ e metais são gerados em quantidades pouco significativas quando comparados com outras atividades industriais.

REFERÊNCIAS

Associação Brasileira de Normas Técnicas **NBR 11966/89**: Efluentes gasosos em dutos e chaminés de fontes estacionárias: Determinação da Velocidade e Vazão. Rio de Janeiro (1989).

Associação Brasileira de Normas Técnicas **NBR 11967/89**: Efluentes gasosos em dutos e chaminés de fontes estacionárias: Determinação da umidade. Rio de Janeiro (1989).

Associação Brasileira de Normas Técnicas **NBR 12019/90**: Efluentes gasosos em dutos e chaminés de fontes estacionárias - Determinação de Material Particulado. Rio de Janeiro (1990).

Associação Brasileira de Normas Técnicas **NBR 12020/92**: Efluentes gasosos em chaminés de fontes estacionárias – calibração dos equipamentos utilizados em amostragem. (1992).

Baird C. **Química Ambiental**. Trad. A.M.L.Receio e L.C.M. Carrera, 2^a ed. Porto Alegre: Bookman, (2002);

Carlini Cotrim, Elisaldo Luiz de Araújo; Beatriz; Monteiro, Maristela G. **Abuso de solventes voláteis: aspectos epidemiológicos, médico-psicológicos e experimentais**. AMB rev. Assoc. Med. Bras; 34(2):61-8, mar.-abr. (1988);

Alves C., Pio C. Determinação de hidrocarbonetos voláteis e semi-voláteis na atmosfera. **Química Nova vol.29 n°.3 São Paulo Mai/Jun (2006);**

Ceron Peske Luciano; Emissão de poeiras. **Rev. Meio Filtrante edição nº 38 São Paulo Mai/Jun (2009).**

CETESB – Companhia de Tecnologia de Saneamento Ambiental. **Guia técnico ambiental tintas e vernizes – série P+L.** São Paulo, 2012. 70 p.

CETESB – Companhia de Tecnologia de Saneamento Ambiental. **L9. 210 – Análise dos Gases de Combustão com aparelho Orsat.**

CETESB – Companhia de Tecnologia de Saneamento Ambiental. **L9. 221 – Dutos e Chaminés de Fontes Estacionárias – Determinação de pontos de amostragens.**

CETESB – Companhia de Tecnologia de Saneamento Ambiental. **L9. 222 – Dutos e Chaminés de Fontes Estacionárias – Determinação da velocidade e vazão dos gases.**

CETESB – Companhia de Tecnologia de Saneamento Ambiental. **Dutos e Chaminés de Fontes Estacionárias – Determinação da massa molecular seca do excesso de ar.**

CETESB – Companhia de Tecnologia de Saneamento Ambiental. **L9. 224 – Dutos e Chaminés de Fontes Estacionárias – Determinação da Unidade dos gases.**

Dalmolin C., Gonçalves F. F., Pachekoski W.M., **Avaliação da remoção da camada *primer* num processo de pintura automotiva, efeitos econômicos e impactos ambientais**, Rev. Eletrônica em Gestão, Educação e Tecnologia Ambiental – REGET, v. 15 n. 15 Out. 2013, p. 3045- 3054, Disponível em: <http://dx.doi.org/10.5902/223611709199>. Acesso 02 de março de 2016.

Duarte, J. **Estudo de caso: emissão de carbono orgânico volátil (VOC) na fabricação de máquinas agrícolas, tratores e seus componentes**. Curitiba, 2011. P.92.

Esmanhoto, E. **Desenvolvimento de sistema de amostragem isocinética com análise quantitativa de material particulado em dutos e chaminés de fontes estacionárias**. Curitiba 2010. Disponível em: <http://hdl.handle.net/1884/25508>. Acesso em 02 de maio de 2016.

Geffen, C. A., Rothenberg, S. **Suppliers and Environmental Innovation: The Automotive Paint Process**. *International Journal of Operations and Production Management*. Volume 20, n. 20, 2000. p. 166-186.

Kemp,D.D.,1994,Global Environment Issues - **A Climatological Approach**. 2 ed.USA, Routledge.

Kiperstok,A (1999): **Tecnologias Limpas, porque não fazer já o que certamente se fará amanhã**. Tecbahia 14 - 02, 45-51.

Kiperstok, A. **Tendências ambientais do setor automotivo: prevenção da poluição e oportunidades de negócio**. Revista NEXOS. Mestrado em Economia. UFBA. Salvador, 2000. Disponível em: http://teclim.ufba.br/site/material_online/publicacoes/pub_art04.pdf. Acesso em 02 de maio de 2016.


MMA -Ministério do Meio Ambiente, **Qualidade do Ar**; disponível em: <http://www.mma.gov.br/cidades-sustentaveis/qualidade-do-ar>. Acesso em 30 de março de 2016.

Resolução CONAMA nº 316 29 de outubro de 2002. Conselho Nacional do Meio Ambiente. **Dispõe sobre procedimentos e critérios para o funcionamento de sistemas de tratamento térmico de resíduos**. Acessado em: 10 set 2015.

Resolução CONAMA nº 436 de 22 de dezembro de 2012. Conselho Nacional do Meio Ambiente. **Estabelece os limites máximos de emissão de poluentes atmosféricos para fontes fixas instaladas ou com pedido de licença de instalação anteriores a 02 de janeiro de 2007**. Acessado em: 10 set 2015.

Resolução SEMA 016/2014, Secretaria de Estado de Meio Ambiente e Recursos Hídricos do Estado do Paraná. **define critérios para o Controle da Qualidade do Ar como um dos instrumentos básicos da gestão ambiental para proteção da saúde e bem estar da população e melhoria da qualidade de vida e dá outras providencias**. Disponível em: www.iap.pr.gov.br. Acesso 01 de janeiro de 2016.

US EPA Environmental Protection Agency **Method 001 – Traverse Points – Stationary Sources** Disponível em: <https://www.epa.gov/emc/method-1-samplevelocity-traverses>. Acessado em: 10 abr 2015.



US EPA Environmental Protection Agency **Method 001 A – Small Ducts – Sample & Velocity Traverses**. Disponível em: <https://www.epa.gov/emc/method-1a-small-ducts>. Acessado em: 8 mai 2015.

US EPA Environmental Protection Agency **Method 002 – Velocity and S-Type Pilot**. Disponível em: <https://www.epa.gov/emc/method-2-velocity-s-type-pitot>. Acessado em: 12 mai 2015.

US EPA Environmental Protection Agency **Method 003 – Molecular Weight-Carbon Dioxide, Oxygen**. Disponível em: <https://www.epa.gov/emc/method-3a-concentrations-instrumental>. Acessado em: 12 mai 2015.

US EPA Environmental Protection Agency **Method 29 - Determination Of Metals Emissions From Stationary Sources** Disponível em: <https://www.epa.gov/emc/method-29-metals-emissions-stationary-sources>. Acessado em: 12 mai 2015.

US EPA Environmental Protection Agency **OTM-29 – Sampling and Analysis of Hydrogen Cyanide Emissions from Stationary Sources** Disponível em: <https://www.epa.gov/emc/emc-other-test-methods>. Acessado em: 13 mai 2015.

CAPÍTULO 10

POLUIÇÃO DO AR: ESTUDO EM PONTOS ESPECÍFICOS DE GOIÂNIA NOS ANOS DE 2013 E 2014

Jocicleia Nunes de Oliveira³⁹

Hélcio Marques Junior⁴⁰

Jalsi Tacon Arruda⁴¹

RESUMO

A vida moderna aumentou muito a poluição do ar atmosférico com processos de urbanização e industrialização das cidades. Assim, esse estudo teve por objetivo analisar a qualidade do ar em dois pontos específicos em Goiânia – Goiás, no período de janeiro a dezembro dos anos de 2013 e 2014; *tendo em vista o rápido crescimento da cidade e o aumento da frota de veículos*. Os dados foram obtidos junto a Secretaria Estadual do Meio Ambiente e Desenvolvimento (SEMAD) em dois pontos específicos: praça Cívica e praça dos Trabalhadores. Foram feitas comparações das médias diária e anual para avaliar a qualidade do ar e concentrações de partículas presentes. Os resultados foram comparados aos valores estabelecidos pela resolução do CONAMA e Decreto Estadual nº 1.745/1979. Na praça Cívica os índices de poluição foram mais baixos quando comparados aos níveis obtidos na praça do Trabalhador, devido as características de cada local. Esses dados possibilitam novas inferências para políticas públicas que buscam soluções para melhoria da qualidade do ar.

Palavras-chave: atmosfera, monitoramento ambiental, poluição ambiental, poluentes atmosféricos, qualidade do ar.


INTRODUÇÃO

A atmosfera terrestre surgiu a bilhões de anos da formação de gases provenientes de reações químicas no interior da Terra. Em particular, o vapor d'água e o dióxido de carbono foram sendo liberados e, subsequentemente formaram os oceanos na superfície terrestre, com grande quantidade de carbonato de cálcio (calcário) (JARDIM, 2001). A evolução da formação atmosférica ainda se encontra em processo evolutivo, devido a miscigenação de diferentes elementos gasosos cada vez mais produzidos pela vida moderna do ser humano. A atmosfera apresenta uma massa aproximada de 5.108kg e é formada por cinco camadas: troposfera, estratosfera, mesosfera, ionosfera e exosfera. Essa estratificação é decorrente do gradiente

³⁹ Licenciatura em Biologia, Pontifícia Universidade Católica de Goiás

⁴⁰ Professor Adjunto da Pontifícia Universidade Católica de Goiás e Centro Universitário Araguaia – UniAraguaia

⁴¹ Professora Adjunta da UniEvangélica Centro Universitário de Anápolis.




térmico em função da altitude (MAGALHÃES, 2005). Os elementos que compõem o ar ficam mais rarefeitos, devido à altitude, quanto maior a pressão do ar mais ele vai diminuindo, tornando-se rarefeito e dificultando a respiração. Portanto, a troposfera é a única camada em que os seres vivos conseguem suportar os princípios fisiológicos do organismo. Nessa “esfera de ar” que compõe a atmosfera terrestre é possível encontrar diferentes gases, e com exceção do gás carbono que é inalteravelmente mutável, os outros componentes conseguem alterar seu estado físico. O oxigênio e o gás carbono ocupam lugares de destaque na formação desta “esfera” (DERISIO, 2017).

Atualmente há uma grande preocupação com a atmosfera e a poluição do ar causada por vários fatores. A vida moderna aumentou e muito essa poluição, principalmente com processos de urbanização das grandes cidades (LOBKOV, 2005). No Brasil, desde década de 1960 a poluição vem aumentando associada a necessidade de sistemas de transporte em massa cada vez mais robustos, acarretando no grande aumento de motorização individual e o desenvolvimento industrial (DERISIO, 2017). Durante o avanço industrial brasileiro houve uma diminuição na qualidade de vida das pessoas, principalmente nas grandes cidades onde há maior concentração de poluentes (MAGALHAES, 2005). A individualidade humana e sua capacidade egoísta de gestão acabam então por promover grande queima de hidrocarbonetos que são emitidos para a atmosfera através dos veículos e indústrias (ROHDE, 2005).

Vários estudos relacionados a dispersão desses diferentes poluentes na atmosfera e causadores da poluição, buscam por soluções que possam obter melhorias na qualidade do ar, principalmente nos grandes centros urbanos. A poluição do ar torna-se um dos fatores que mais afetam a qualidade de vida da população, por ocasionar prejuízos de magnitudes alarmantes a saúde humana e ao meio ambiente (ALVARES JUNIOR et al., 2002). Geralmente, níveis mais altos de poluição estão nas grandes cidades e próximos as áreas indústrias. Essa poluição está diretamente relacionada ao desenvolvimento de várias patologias como as do trato respiratório, como por exemplo: irritação das mucosas, tosse, irritabilidade nas mucosas oculares podendo levar até a morte por asfixia devido a inalação de dióxido de carbono ou monóxido de carbono (JARDIM, 2001; LOBKOV, 2005).

Observa-se uma variabilidade entre os estudos nessa área devido aos modelos numéricos e condições meteorológicas selecionados para cada tipo de pesquisa. No geral, os estudos buscam verificar qual a melhor forma de reconhecer a diminuição e quedas na emissão de poluentes atmosféricos (MAGALHAES, 2005). Não basta apenas monitorar a qualidade do ar, é preciso, a exemplo de outras capitais, fazer a informação chegar a população de forma



didática, despertar para uma percepção ambiental atmosférica através de trabalhos na educação ambiental, chamando a atenção sobre o assunto e suas consequências (PASQUALETTO, 2000; ALVARES JUNIOR et al., 2002).

Compreender as concentrações particuladas na atmosfera e quais fatores podem influenciar os níveis de poluição que leva ao desequilíbrio do meio ambiente e problemas diversos a população é fundamental para implementar ações de correção. Dessa forma, o presente estudo teve por objetivo analisar a qualidade do ar em dois pontos específicos em Goiânia – Goiás, no período de janeiro a dezembro dos anos de 2013 e 2014; *tendo em vista o rápido crescimento da cidade e o aumento da frota de veículos.*

MATERIAL E MÉTODOS

Dados de monitoramento ambiental realizados pela Secretaria Estadual do Meio Ambiente e Desenvolvimento (SEMAD) nos anos de 2013 e 2014 foram disponibilizados para a realização deste estudo. Foram avaliados dois pontos específicos em Goiânia-GO: a praça Cívica na região mais central da cidade, e a praça dos Trabalhadores localizada próximo a rodoviária da cidade, ambos locais de grande fluxo de carros.

Para avaliar a qualidade do ar e a concentração de partículas as análises de monitoramento de partículas totais em suspensão (PTS) utilizam o método Amostrador de Grande Volume (AGV) mais conhecido por Hi-Vol, descrito pela NBR 9547/97 ABNT (Figura 1). O ar atmosférico é sugado para o interior de um abrigo, através de uma bomba, passando por um filtro com eficiência mínima de 99% a uma vazão entre 1,1 a 1,7m³/min, durante 24 horas corridas, totalizando cerca de 2.000m³/dia (LISBOA; KAWANO, 2007). Quando o ar é amostrado pelo equipamento as partículas totais em suspensão presentes ficam retidas no filtro de amostragem, e posteriormente analisado em laboratório. Assim, a concentração desse material particulado pode ser determinada por meio da relação entre a massa encontrada de poluente no filtro de amostragem e o volume total de ar amostrado, em microgramas por metros cúbicos (µg/m³). As amostragens aconteceram diariamente no período de estudo e o equipamento utilizado para coleta atendeu as condições técnicas definidas pelas normas técnicas, incluindo a calibração da estação.

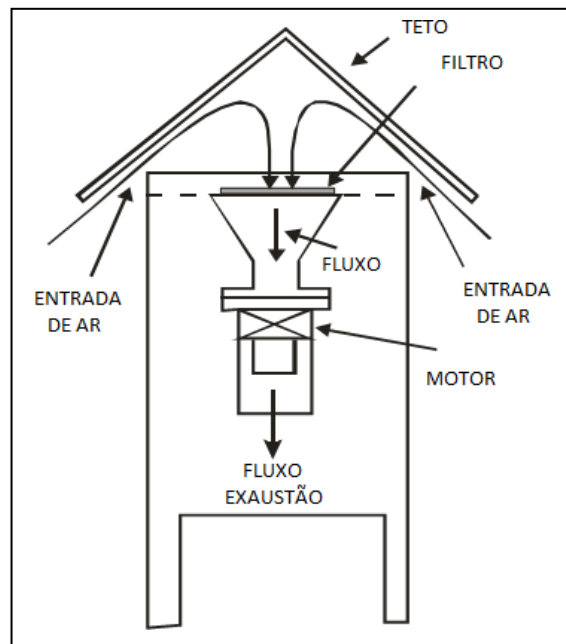


Figura 1. Esquema do Amostrador de Grande Volume (AGV) descrito pela NBR 9547/97 ABNT.

Fonte: LISBOA; KAWANO (2007)

As análises estatísticas foram realizadas utilizando o programa *R commander*, procedeu-se com a estatística descritiva, teste T e teste anova bi-fatorial para verificar se houve diferença entre os locais analisados, anos estudados, entre as concentrações diárias e a concentração anual total. Verificou-se também condições das concentrações obtidas, dispersão e remoção deste material particulado na atmosfera urbana de Goiânia-GO.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os dados obtidos indicaram parâmetros que podem influenciar a concentração diária e anual de partículas suspensas no ar analisado nas estações de amostragem no período de estudo. Foram realizadas 46 amostragens na praça Cívica e na praça do Trabalhador durante o ano de 2013. Em 2014 foram 36 amostragens em cada local. A tabela 1 evidencia os valores de acordo com as normativas estabelecidas pelo CONAMA (03/90 e Decreto 1.745/79. Dec. 1.745/79) como padrão para a qualidade do ar. E a tabela 2 mostra os valores obtidos durante as análises do ar nos locais e período de estudo.

Tabela 1. Padrão nacional e estadual da qualidade do ar, resolução CONAMA.

Poluente	Tempo de Amostragem	Resolução CONAMA		
		Padrão ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	Padrão Primário ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	Padrão Secundário ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)
Partículas totais em suspensão	24 horas ¹	120	240	150
	MGA ²	40	80	60
Partículas inaláveis (PM 10)	24 horas ¹	-	150	150
	MAA ³	-	50	50
Dióxido de enxofre	24 horas ¹	200	365	100
	MGA ²	60	80	40
Dióxido de nitrogênio	1 hora ¹	-	320	190
	MAA ³	-	100	100
Monóxido de Carbono	1 hora ¹	40.000	40.000	40.000
	8 horas ¹	10.000	10.000	10.000
Oxidantes Fotoquímicos (ozônio)	1 hora ¹	120	160	160
	8 horas ¹	60	-	-
Fumaça	24 horas ¹	-	150	100
	MAA ³	-	60	40

1 Não deve exceder mais que uma vez ao ano

2 MGA - Média geométrica anual

3 MAA - Média aritmética anual

Tabela 2. Valores obtidos das análises da média de concentração diária de partículas totais em suspensão nos anos de 2013 e 2014 nos pontos específicos de estudo.

Ano	Praça Cívica	Praça do Trabalhador
	Média Anual ($\mu\text{g}/\text{m}^3$) \pm Desvio Padrão	
2013	55,52 \pm 26,08	70,63 \pm 35,42
2014	56,81 \pm 27,20	71,93 \pm 30,59

As análises da concentração diária e anual estão evidenciadas na figura 2. Considerando-se o Decreto Estadual nº 1.745/1979, o resultado ultrapassou ao padrão estabelecido. Os valores indicam que a praça do Trabalhador apresenta níveis mais elevados de poluentes por ser um local com automóveis com motores a diesel dos ônibus e caminhões que circulam. Esse decreto estabelece como padrão uma média anual de $40\mu\text{g}/\mu\text{g}^3$ e como média diária de $120\mu\text{g}/\mu\text{g}^3$.

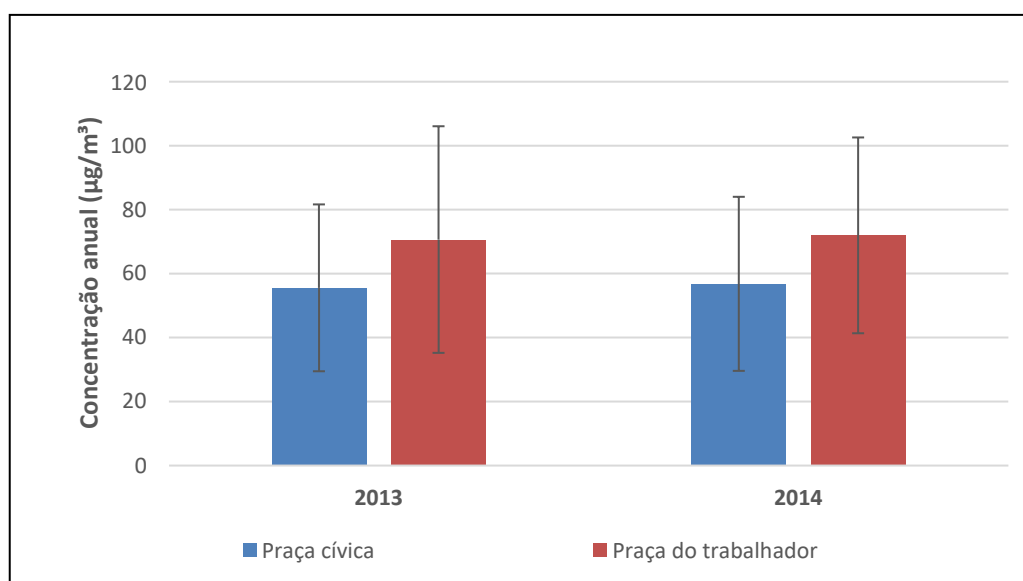



Figura 2. Valores obtidos da concentração anual de acordo com decreto estadual.

Na avaliação dos parâmetros estabelecidos pela Resolução 03/90 do Conselho Nacional do Meio Ambiente (CONAMA) observa-se que os valores obtidos no estudo não estão de acordo com essa normativa, visto que os resultados foram superiores ao padrão secundário ($150\mu\text{g}/\text{m}^3$). A poluição do ar é calculada em microgramas de poluentes suspensos por metro cúbico de ar ($\mu\text{g}/\text{m}^3$), e segundo o CONAMA, entre 101 e $199\mu\text{g}/\text{m}^3$ a qualidade do ar está inadequada, e entre 200 e $299\mu\text{g}/\text{m}^3$ é considerado ruim (LISBOA; KAWANO, 2007). Se levar em conta os parâmetros estabelecidos pelo Decreto Estadual nº 1.745/1979 um resultado ultrapassou o padrão ($120\mu\text{g}/\text{m}^3$). Contudo, essa legislação permite que o padrão de qualidade estabelecido seja excedido no máximo uma vez ao ano. Dessa forma, os resultados das concentrações diárias em 24h de análise da estação localizada na praça Cívica ficaram dentro das especificações definidas para esse parâmetro.

Dados da Agência Goiana de Meio Ambiente (AGMA) indica que o crescimento acelerado que Goiânia apresenta vem agravando a qualidade do ar da capital de Goiás. O monitoramento da qualidade do ar é fundamental para a qualidade de vida dos seres humanos e de todo o complexo ecológico de uma cidade. Esse monitoramento é realizado em Goiânia desde 1999 pela AGMA que avalia os níveis de material particulado (MP) nesses dois locais da cidade, praça Cívica e praça do Trabalhador.

Durante o planejamento de Goiânia, uma capital jovem, pretendia-se estabelecer um centro administrativo para Goiás, o que não levou em consideração a possibilidade de um




avanço populacional tão grande em tão pouco tempo. Além disso, o clima em Goiânia é típico de uma cidade grande muito pavimentada, mas ainda bem arborizada. Mudanças ambientais estão relacionadas as variáveis climáticas tais como: baixa umidade do ar, temperaturas elevadas, menor amplitude térmica, assoreamentos, inundações e alagamentos que vem potencializando estes problemas (DERISIO, 2017). Para agravar ainda mais este quadro, de maio a setembro a região sofre influência de um sistema atmosférico de alta pressão que dificulta a ascensão do ar, a ocorrência de precipitações e a dispersão dos poluentes do ar (MIRANDA; BAPTISTA, 2009).

Dentre as diferentes partículas suspensas o monóxido de carbono é o poluente mais comum no ar das grandes cidades. Formado pela queima de combustíveis fósil (petróleo), carvão e madeira. A principal fonte de emissão desse gás são os automóveis a exposição ao monóxido de carbono é particularmente alta perto de vias com muito tráfego. Acarreta danos à saúde devido a capacidade dessa partícula se associar a hemoglobina e impedir o transporte de O_2 . Ao formar o complexo carboxihemoglobina (COHb) o transporte de O_2 pelos eritrócitos fica impossibilitado podendo levar a morte do indivíduo por asfixia (DERISIO, 2017).

A maior fonte de materiais particulados suspensos no ar são os automóveis, indústrias, queimadas em grandes áreas, além de outros fatores que também contribuem (AGMA, 2007; 2008). Os veículos automotores geram mais poluição atmosférica do que qualquer outra atividade humana e, apesar das tentativas de diminuir a emissão de poluição no ar o que mais agrava é o crescimento da frota veicular cada vez mais intensificado e adensando as cidades. O rápido crescimento populacional de Goiânia e outras cidades metropolitanas de Goiás faz com que a frota veicular aumente exponencialmente, o que torna mais imprescindível o monitoramento da qualidade do ar. O melhor seria que transportes de massa funcionassem para que menos carros com uma única pessoa circulasse e, assim, a população poderia influenciar na melhora da qualidade do ar que vem respirando (SANTOS, 2017).

Muitos estudos avaliam a qualidade de vida das pessoas nas grandes metrópoles. Uma situação antagônica entre os benefícios e os malefícios da modernidade. Os avanços tecnológicos provenientes do período pós-industrial que simbolizam mais segurança, comodidades e facilidades para a vida diária. Todavia, ainda assim há as consequências dessas facilidades de um mundo moderno. Entre os maiores problemas causados pelo desenvolvimento brasileiro estão a poluição do ar, água e solo, principalmente nos centros urbanos (DE MASI, 2001). Diante disso, observa-se a diminuição da qualidade de vida das pessoas especialmente




nas grandes cidades brasileiras onde há maior concentração de poluentes (MAGALHAES, 2005).

A poluição atmosférica é um assunto exaustivamente discutido. Causas podem ser definidas como presença de substâncias estranhas na atmosfera resultante da atividade humana ou processos naturais, em concentrações suficientes para interferir direta ou indiretamente na saúde segurança e bem-estar dos seres vivos (ALVARES JUNIOR et al., 2002). Os conhecimentos gerados pelas pesquisas nas áreas física atômica, biotecnologia, os avanços nos meios de transporte e comunicação, o desenvolvimento de novos materiais, ascensão eletrônica, da informática e das telecomunicações que o mundo vem experimentando gera transformações nunca antes percebidas na humanidade (DERISIO, 2017).

Outro detalhe que deve ser observado nas avaliações da qualidade do ar atmosférico são as características climáticas da região, a meteorologia do local onde está instalado um complexo industrial já que na maioria das vezes estas indústrias localizam-se em áreas consideradas topograficamente inviáveis para a dispersão de poluentes (SALDANHA, 2005; SANTOS, 2017). Dessa forma, o monitoramento da qualidade do ar é uma importante ação desenvolvida pela SEMAD que realiza amostragens periódicas e determina a concentração de partículas totais em suspensão na atmosfera.

As partículas suspensas no ar migram com o vento, como consequências da circulação natural do ar, para as regiões rurais, menos poluídas. Uma avaliação de 2013 da Agência Internacional de Pesquisa sobre o Câncer (IARC) também concluiu que a poluição do ar tem potencial carcinogênico, sendo o material particulado o mais associado com o aumento da incidência de câncer de pulmão (SANTOS, 2017). Além disso, o MP também pode influenciar diretamente no clima devido a capacidade de refletir e dispersar, ou ainda, de absorver os raios solares que atingem a atmosfera. Um efeito indireto das partículas no clima ocorre devido a sua habilidade de absorver água e formar nuvens, alterando os padrões de chuvas (DERISIO, 2017).

Os padrões de qualidade do ar para esses agentes, segundo a Agência de Proteção Ambiental Americana, estão descritos em relação aos seus valores primários e tempo médio. Os efeitos respiratórios consequentes a queima de combustíveis fósseis e de biomassa são apresentados de forma sucinta visando alertar os profissionais da saúde para o aumento da morbidade relacionada com a poluição ambiental (ALVARES JUNIOR et al., 2002). Apesar dos resultados negativos, o mundo moderno busca soluções para estes problemas. A tecnologia tem avançado no sentido de gerar máquinas e combustíveis menos poluentes ou que não poluam. No Brasil, por exemplo, hoje existem milhões de carros movidos a álcool, combustível



não fóssil, que poluí menos. Testes com hidrogênio tem mostrado que num futuro bem próximo, os carros poderão andar com um tipo de combustível que lança, na atmosfera, apenas vapor de água (LOBKOV, 2005).

A Resolução 003/90 do CONAMA relata que as consequências da poluição do ar são aquelas provocadas pela liberação na atmosfera de gases ou partículas sólidas ou líquidas finamente dispersas, em níveis que ultrapassam a capacidade de suporte do meio, impedindo que possam ser dissipadas ou incorporadas ao solo ou a água. Goiânia possui aproximadamente 1.495.705 habitantes em 2018, numa área territorial de 739.492 km², onde trafegam mais de veículos, uma estimativa de 1 veículo para cada 2 habitantes (DETRAN/GO, 2018). Esses números atribuem a Goiânia uma das maiores frotas de veículos automotores proporcional ao número de habitantes do País, ou o suficiente para lançar cerca de 300 mil toneladas de gases poluentes por ano na atmosfera, fato que já provoca reflexos na queda da qualidade do ar, resultado da queima de combustíveis fósseis (AGMA, 2007; 2008). Grandes cidades, assim como Goiânia, possuem uma frota de veículos elevada em relação a área territorial e sofrem intensamente da poluição do ar.

CONCLUSÃO

Houve uma diferença significativa comparando ambos locais estudados. De acordo com a resolução CONAMA 03/1990 observa-se que nenhum resultado foi superior ao padrão secundário. Já de acordo com o decreto estadual nº 1.745/1979 como referência o resultado ultrapassou o padrão determinado. A qualidade do ar na praça Cívica ainda pode ser considerada melhor do que a qualidade do ar na praça do Trabalhador, confirmada pelas características de cada local. Esses dados e informações permitem definir políticas públicas que busquem soluções para melhoria da qualidade do ar, pois esses níveis de poluentes trazem graves problemas tanto para população quanto para meio ambiente.

REFERÊNCIAS

AGMA. Agência Goiana de Meio Ambiente. Gerência de Monitoramento Ambiental: AGMA, 2007.

AGMA. Agência Goiana de Meio Ambiente. Gerência de Monitoramento Ambiental: AGMA, 2008.

ALVARES JUNIOR et al. Emissões Atmosféricas. Serviço Nacional de Aprendizagem Industrial - SENAI. Brasília – DN, 2002.

DE MASI, D. A economia do ócio. Rio de Janeiro: Sextante, 2001.

DERISIO, J. C. Introdução ao controle de poluição ambiental. 5. ed. São Paulo: Oficina de textos, 2017.

DETRAN/GO, Departamento Estadual de Trânsito de Goiás. Sistema de Estatística. Banco de dados de veículos, incluídos por tipologia e combustíveis. Goiânia – GO, 2018.

JARDIM, W. F. A evolução da atmosfera terrestre. Cadernos Temáticos de Química Nova na Escola, Edição especial, p. 5-8, 2001.

LISBOA, H. M.; KAWANO, M. Monitoramento de poluentes atmosféricos. Montreal, 2007. Cap. IV. p. 02-70.

LOBKOV, D. D. Análise econômica para a substituição do uso de combustível diesel por GNC no transporte público de passageiros. Campinas, SP. (Dissertação de Mestrado. UNICAMP). 2005, 125 p.

MAGALHAES, L. C. Estudo do material particulado atmosférico e metais associados às partículas totais em suspensão na cidade de Ouro Preto, MG. Dissertação (Mestrado) – Universidade Federal de Ouro Preto. Instituto de Ciências Exatas e Biológicas. Programa de PósGraduação em Recursos Hídricos. 2005. 81p.

MIRANDA, M. J.; BAPTISTA, T. J. R. A poluição do ar na cidade de Goiânia-GO e a prática de exercícios físicos. Vita et Sanitas, Trindade-Go, n. 03, p. 86-100, 2009.

PASQUALETTO, J. A. Níveis de poluição atmosférica em goiás Relatório da Qualidade do Ar, Região de Goiânia 2000. Goiânia-GO, 2000.

ROHDE, G. M. Epistemologia ambiental: uma abordagem filosófico-científica sobre a efetuação humana alopoiética da Terra e de seus arredores planetários. Porto Alegre: EDIPUCRS. 2005.

SALDANHA, B. C. Utilização de imagens de satélite e modelagem numérica para o estudo da dispersão de poluentes nas usinas termoeletricas de Charqueadas e São Jerônimo. (Dissertação Mestrado em Sensoriamento Remoto pela Universidade Federal do Rio Grande do Sul). 2005.

SANTOS, T. L. Emissões de poluentes por veículos automotores. 2017. Disponível em: <<https://educacaopublica.cederj.edu.br/artigos/16/7/emisses-de-poluente-por-veiculos-automotores>>. Acesso: jan. 2018.

CAPÍTULO 11

ESTUDO SOBRE A INFLUÊNCIA DAS CONDIÇÕES METEOROLÓGICAS E DA OCORRÊNCIA DE QUEIMADAS NAS CONCENTRAÇÕES DE PARTÍCULAS EM SUSPENSÃO EM GOIÂNIA-GO

Dayane Vieira da Conceição
Thais Borini de Castro⁴²

RESUMO

Ao longo dos anos, a poluição atmosférica gerada por processos industriais e atividades de transporte se tornou um dos maiores problemas ambientais e de saúde pública. As concentrações de poluentes diversos podem ser potencializadas ou minimizadas, dependendo das condições de tempo e clima. Sendo assim, esse estudo teve como objetivo avaliar a influência das condições meteorológicas e da ocorrência de queimadas nos níveis de partículas totais em suspensão – PTS observados em Goiânia, Goiás. O principal objetivo específico foi realizar o diagnóstico da qualidade do ar conforme as legislações pertinentes. As análises foram realizadas com base nas concentrações de PTS em três pontos de amostragem (estações de monitoramento localizadas na Escola de Engenharia, Praça Cívica e Praça do Trabalhador, todas monitoradas pela SEMAD - Secretaria Estadual do Meio Ambiente e Desenvolvimento Sustentável de Goiás), nos anos de 2017 e 2018. Também foram consultados dados meteorológicos (INPE) e o número de ocorrência de queimadas (Corpo de Bombeiros de Goiás) para o mesmo período. Como padrão de qualidade para o parâmetro PTS, adotou-se o valor máximo permitido pelo Decreto Goiano nº 1.745/1979, de 120 µg/m³. Para diagnosticar a qualidade do ar, a concentração de PTS foi classificada como boa, quando estivesse entre 0 e 40 µg/m³; regular, quando estivesse entre 41 e 120 µg/m³; e crítica, quando os níveis estivessem acima de 120 µg/m³. Foi possível concluir que as condições meteorológicas, principalmente o parâmetro precipitação, e a ocorrência de queimadas influenciaram nas concentrações de PTS em Goiânia. O mês de agosto apresentou as maiores concentrações de PTS nos dois anos analisados, coincidindo com um período de seca extrema e com a época de maior número de queimadas. Constatou-se que na maioria dos dias em que houve monitoramento, a qualidade do ar se manteve regular, para todas as estações, conforme as faixas pré-estabelecidas. A qualidade só foi crítica nos períodos de seca, para os quais o número de casos de queimadas é superior. Para que a cidade passe a ter uma qualidade atmosférica superior, é imprescindível o controle das emissões de PTS por veículos, queimadas urbanas e indústrias. Embora Goiânia seja uma das poucas capitais do Brasil com sistema de monitoramento do ar, a quantidade de pontos ainda não é a ideal, uma vez que as medições são locais, portanto, os dados não representam de maneira significativa a qualidade do ar em toda a cidade.

Palavras-chave: poluição atmosférica; qualidade do ar; parâmetros climáticos.

⁴² Professora do curso de Engenharia Ambiental – Centro Universitário Araguaia – UniAraguaia.


INTRODUÇÃO

Ao longo dos anos, o crescimento populacional e econômico da humanidade acarretou no aumento do consumo de alimentos industrializados, fármacos e bens de serviço, de maneira que os processos industriais evoluíram e a indústria adquiriu um caráter essencial na sociedade contemporânea. Em contrapartida, a atividade industrial é a grande responsável pela maioria dos problemas ambientais, incluindo a ineficiência de alguns processos, e a emissão descontrolada de poluentes atmosféricos.

A atmosfera, vital à vida terrestre, envolve a Terra em uma espessura que representa apenas 1% do raio do planeta. Ela evoluiu à sua atual forma e composição há pelo menos 400 milhões de anos, quando uma considerável cobertura vegetal já havia se desenvolvido sobre o solo. Em linhas gerais, a atmosfera repousa sobre a terra e a superfície do oceano. Seus principais constituintes, descobertos ao final do século XIX, são: nitrogênio (78,08%), oxigênio (20,98%), argônio (0,93%) e dióxido de carbono (0,035%) (BARRY; CHORKEY, 2013).

A poluição atmosférica pode ser definida como qualquer forma de matéria ou energia que possua intensidade, concentração ou características que tornem o ar impróprio ou nocivo à saúde, ao bem-estar público, danoso aos materiais e ao meio ambiente ou prejudicial à segurança, à qualidade de vida da população (BRASIL, 2018). Os principais poluentes atmosféricos e seus principais efeitos são: dióxido de enxofre e dióxido de nitrogênio (problemas respiratórios e formação de chuvas ácidas); hidrocarbonetos (potencial causador de efeito estufa – metano); material particulado (câncer respiratório, arteriosclerose, inflamação de pulmão, agravamento de sintomas de asma); monóxido de carbono (tem alta afinidade com a hemoglobina no sangue, substituindo o oxigênio e reduzindo a alimentação deste ao cérebro, coração e para o resto do corpo) (BRASIL, 2020).

No Brasil, os padrões de qualidade do ar são estabelecidos pela Resolução CONAMA nº 491/2018, e subdivididos em intermediários e finais: os intermediários são os padrões estabelecidos com valores temporários a serem cumpridos em etapas, e os finais são os valores guia definidos pela Organização Mundial da Saúde (OMS), em 2005. Os padrões de qualidade do ar variam de acordo com a abordagem adotada para balancear riscos à saúde, viabilidade técnica, considerações econômicas e vários outros fatores políticos e sociais que, por sua vez, dependem, entre outras coisas, do nível de desenvolvimento e da capacidade nacional de gerenciar a qualidade do ar (BRASIL, 2018).



Em âmbito estadual, para o território do estado de Goiás, o Decreto nº 1.745/1979 estabelece os padrões e níveis de qualidade do ar. Enquanto a Resolução CONAMA nº 491/2018 define padrões de qualidade para oito poluentes atmosféricos (partículas em suspensão, fumaça, partículas inaláveis, dióxido de enxofre, monóxido de carbono, ozônio, dióxido de nitrogênio e chumbo), o Decreto Estadual nº 1.745/1979 estabelece apenas quatro poluentes: partículas em suspensão, óxido de enxofre, monóxido de carbono e oxidantes fotoquímicos (GOIÁS, 1979; BRASIL, 2018).

O clima predominante na região de Goiás é o tropical sazonal, que possui apenas duas estações: a seca (abril a outubro) e a chuvosa (outubro a março). Durante a estação seca, sistemas de alta pressão atmosférica promovem uma maior estabilidade, de maneira que os eventos que favorecem a dispersão dos poluentes atmosféricos ficam limitados. Os sistemas de alta pressão também não favorecem a formação de nuvens e a ocorrência de chuvas, contribuindo para um aumento da concentração de poluentes nesse período. Além disso, devido às características de cerrado, durante a estação seca há um aumento na incidência de queimadas. Os meses de julho a setembro costumam apresentar maior número de focos e maiores concentrações de poluentes atmosféricos (CORPO DE BOMBEIROS-GOIÁS, 2019).

Nesse contexto, o objetivo geral deste trabalho é avaliar a influência das condições meteorológicas e da ocorrência de queimadas nos níveis de partículas totais em suspensão observados na cidade de Goiânia, Goiás. Como objetivos específicos, tem-se: realizar o diagnóstico da qualidade do ar conforme as legislações pertinentes; e comparar os níveis de emissão de partículas em suspensão total durante a estação seca e durante a estação chuvosa no centro urbano de Goiânia.

MATERIAL E MÉTODOS

Área de Estudo

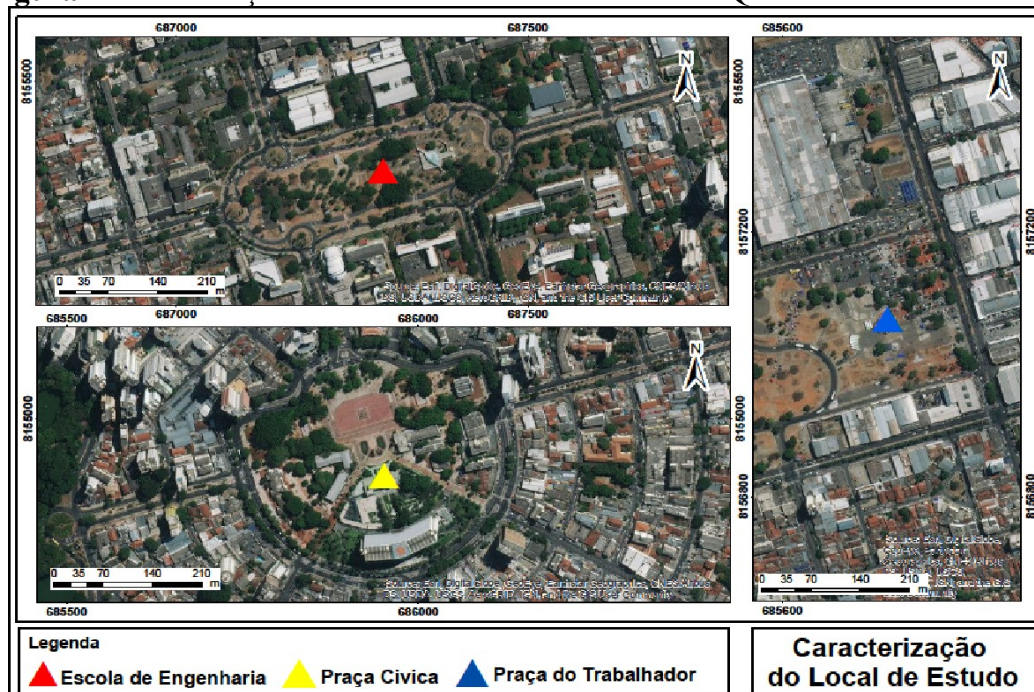
O município de Goiânia, capital do estado de Goiás, fica localizado na região Centro-Oeste do Brasil, inserido no bioma Cerrado. Distante 209 km de Brasília, a cidade possui uma geografia contínua, com poucos morros e baixadas, tendo terras planas na maior parte de seu território. Em relação à hidrografia, destaca-se o Rio Meia Ponte, principal manancial de abastecimento da cidade. É a segunda cidade mais populosa do Centro-Oeste, sendo superada apenas por Brasília. Situa-se no Planalto Central e é um importante polo econômico da região (GOIÂNIA, 2019).

De acordo com Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística - IBGE (2018), as principais características do município são: Área territorial de 728,841 km²; População estimada em 1.495.705 pessoas; Densidade demográfica de 1.776,74 hab/km². Com o intuito de monitorar a qualidade do ar periodicamente, a Secretaria de Meio Ambiente e Desenvolvimento Sustentável - SEMAD possui algumas estações de monitoramento na capital goiana, objetos de estudo deste trabalho. Sendo elas:

- Escola de Engenharia UFG (16°40'37.89"S; 49°14'30.45"W): Em operação a partir de 2018; Altitude aproximada de 797 m; Localizada na região central da cidade; A praça é gramada, mas possui também áreas com solo descoberto. Há presença de árvores nas proximidades do equipamento.
- Praça Cívica (16°40'51,9"S; 49°15'17,3"W): Em operação desde 2013; Altitude aproximada de 770 metros; Localizada no centro da cidade, na presença de solo recoberto por grama e na proximidade de árvores e de avenida com intenso fluxo de veículos.
- Praça do Trabalhador (16°39'48,6"S; 49°15'39,1"W): Em operação de 2013 a 2017.; Altitude aproximada de 740 metros; Também localizada na região central da cidade. A praça é gramada, mas possui também áreas com solo descoberto. Há presença de árvores nas proximidades do equipamento, bem como avenida com alto fluxo de veículos.

Este trabalho teve como foco principal a análise dos dados de Partículas Totais em Suspensão registrados nessas estações, as quais podem ser visualizadas na Figura 2.

Figura 2 – Localização dos Pontos de Monitoramento da Qualidade do Ar - Goiânia



Fonte: Google Maps (2019)

Coleta de Dados

Os dados de emissão de Partículas Totais em Suspensão - PTS, entre os anos de 2017 e 2018, foram obtidos através dos relatórios de monitoramento do ar da SEMAD, disponibilizados no site desta secretaria. Para o ano de 2017, foram analisados os dados das estações de monitoramento “Praça Cívica” e “Praça do Trabalhador”, visto que a estação “Escola de Engenharia UFG” ainda não estava em operação no respectivo ano. Para 2018, foram analisados os dados dos pontos de monitoramento “Praça Cívica” e “Escola de Engenharia UFG”, uma vez que, neste ano, a estação “Praça do Trabalhador” foi substituída pela “Escola de Engenharia UFG”.

Foram utilizados os seguintes dados meteorológicos: temperatura média, precipitação acumulada, umidade relativa e velocidade dos ventos, todos obtidos através do site do INPE, para as datas em que havia coleta de dados de PTS, nos anos de 2017 e 2018. Os dados referentes ao número de ocorrência de queimadas, para todos os meses de 2017 e 2018, foram disponibilizados pelo Corpo de Bombeiros do Estado de Goiás. As estimativas do número de habitantes e da frota veicular em Goiânia para o mesmo período foram obtidas no site do IBGE e do DETRAN-GO, respectivamente.

Análise dos dados

Foram elaborados gráficos correlacionando as variáveis meteorológicas com as concentrações de PTS. Também foram avaliados os números de ocorrência de queimadas para o mesmo período, visando verificar um padrão de ocorrência para as concentrações de PTS em relação às demais variáveis.

Foi verificado também se os valores obtidos para o poluente atmosférico em questão estavam de acordo com o máximo permitido no estado de Goiás, que é de $120 \mu\text{g}/\text{m}^3$. A concentração de PTS foi classificada como boa, quando estivesse entre 0 e $40 \mu\text{g}/\text{m}^3$; regular, quando estivesse entre 41 e $120 \mu\text{g}/\text{m}^3$; e crítica, quando os níveis estivessem acima de $120 \mu\text{g}/\text{m}^3$.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Modificações populacionais e de frota veicular – 2017 a 2018

Fundada em 1933, de acordo com Nascimento e Oliveira (2011), a cidade de Goiânia foi planejada para ser a capital de Goiás, a fim de atender anseios políticos, econômicos e

socioambientais da época. Em 2018, a população era estimada em 1.495.705 habitantes, de maneira que a cidade era e ainda é considerada uma metrópole regional, destacando-se no comércio, na oferta de ensino superior, na prestação de serviços públicos, na agropecuária e na indústria (IBGE, 2018). Por Goiânia apresentar tais características socioeconômicas, atrai um considerável fluxo de migrantes, condicionando um vertiginoso processo de crescimento populacional e urbano (NASCIMENTO; OLIVEIRA, 2011).

A Tabela 3 apresenta a evolução da frota veicular e da população entre os anos de 2017 e 2018 em Goiânia. Conforme dados do DETRAN (2018) e do IBGE (2018), a frota veicular de 2018 (639.606 automóveis) representava o 6º lugar no ranking da Confederação Nacional de Municípios - CNM (2018) e o número de habitantes (1.495.705 pessoas) fazia com que o município contasse com a 11º maior população do Brasil.

Tabela 3 – Evolução da frota veicular e da população entre 2017 e 2018 em Goiânia

Ano	Frota veicular	População
2017	625.186 automóveis	1.466.105 habitantes
2018	639.606 automóveis	1.495.705 habitantes

Fonte: DETRAN (2018) e IBGE (2018)

Analisando as informações da Tabela 3, nota-se que houve incremento de 2,3% e 2,0% na frota veicular e no número de habitantes, respectivamente, entre os anos de 2017 e 2018. É importante ressaltar que o elevado número de veículos circulando pode ter relação com os níveis de partículas totais em suspensão e demais poluentes atmosféricos dispersos na cidade.

Influência das variáveis meteorológicas e da ocorrência de queimadas nos níveis de PTS

As ocorrências de incêndios urbanos na cidade de Goiânia, nos anos de 2017 e 2018, seguem apresentadas na Tabela 4.

Tabela 4 – Número de ocorrências de incêndios urbanos em Goiânia – 2017 e 2018

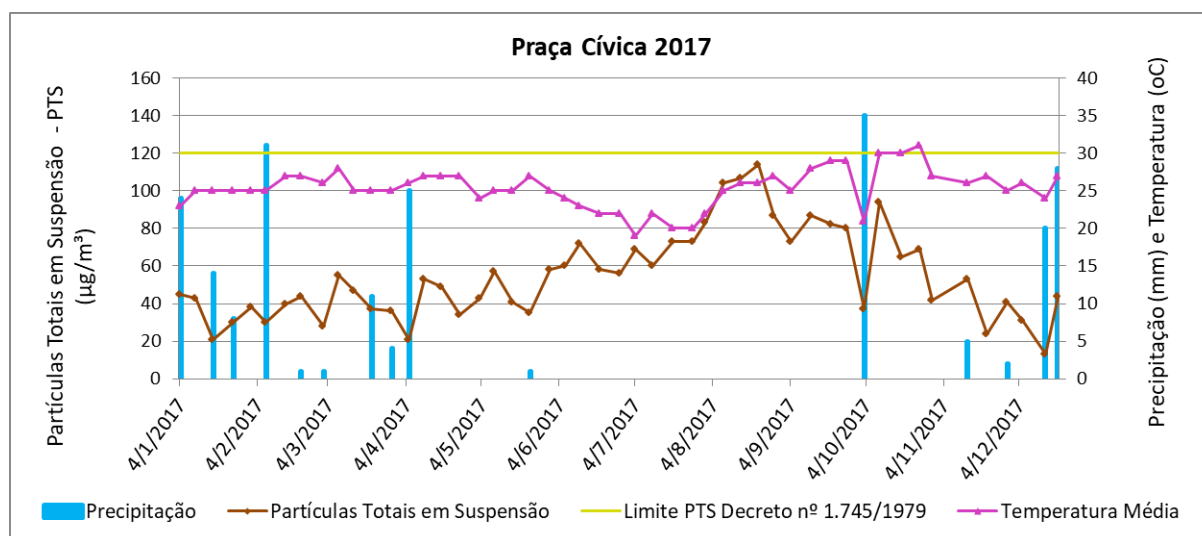
Meses	2017	2018
JAN	192	128
FEV	241	100
MAR	183	115
ABR	269	128
MAI	218	148
JUN	261	176
JUL	231	177
AGO	347	183
SET	288	171

OUT	300	132
NOV	178	135
DEZ	204	144

Fonte: Corpo de Bombeiros-Goiás (2019)

Os dados referentes às concentrações de PTS, disponibilizados pela SEMAD (2018), precipitação e temperatura média, bem como a comparação dos níveis de PTS registrados com o valor máximo permitido - VMP pelo Decreto Goiano nº 1.745/1979 ($120 \mu\text{g}/\text{m}^3$) para o ano de 2017, na estação “Praça Cívica” podem ser visualizados no Gráfico 1.

Gráfico 1 – Níveis de PTS, precipitação e temperatura média – Praça Cívica 2017



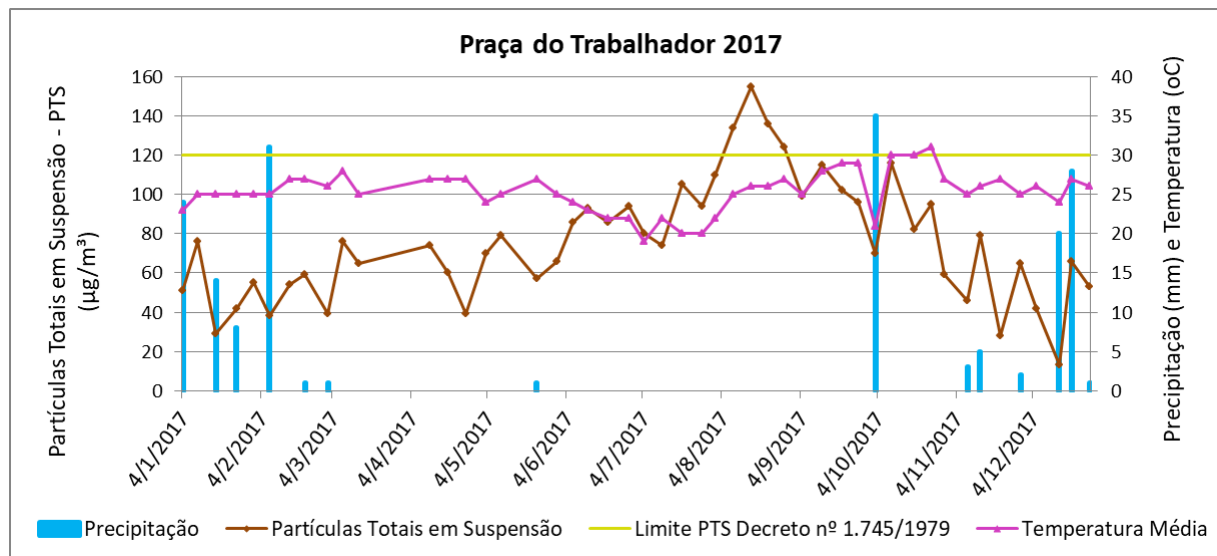
Avaliando os níveis de PTS do Gráfico 1, referente à Praça Cívica, observa-se que o PTS não ultrapassou o VMP estipulado pelo Decreto Goiano nº 1.745/1979 durante todo o ano de 2017. Os maiores níveis de PTS ocorreram no mês de agosto, chegando a um valor máximo de $114 \mu\text{g}/\text{m}^3$, no dia 22/8/2017, onde a ausência de precipitação ocorre por um longo período. Além disso, o registro de casos de queimadas em agosto foi o maior em relação aos demais meses de 2017, chegando a 347 ocorrências.

Também é possível perceber pelo Gráfico 1, que nos meses mais chuvosos foram registradas as menores concentrações de PTS. Isso fica claro no dia 3/10/2017, onde houve precipitação de 35 mm e a concentração de PTS caiu drasticamente em relação aos dois meses antecedentes, que foram secos e não houve registro de precipitação.

Portanto, é possível afirmar que os níveis de PTS foram influenciados pela ocorrência de precipitação e de casos de queimadas, não havendo grande influência do parâmetro “temperatura média”.

Os dados referentes à estação “Praça do Trabalhador”, para o mesmo ano, podem ser visualizados no Gráfico 2.

Gráfico 2 – Níveis de PTS, precipitação e temperatura média – Praça do Trabalhador 2017



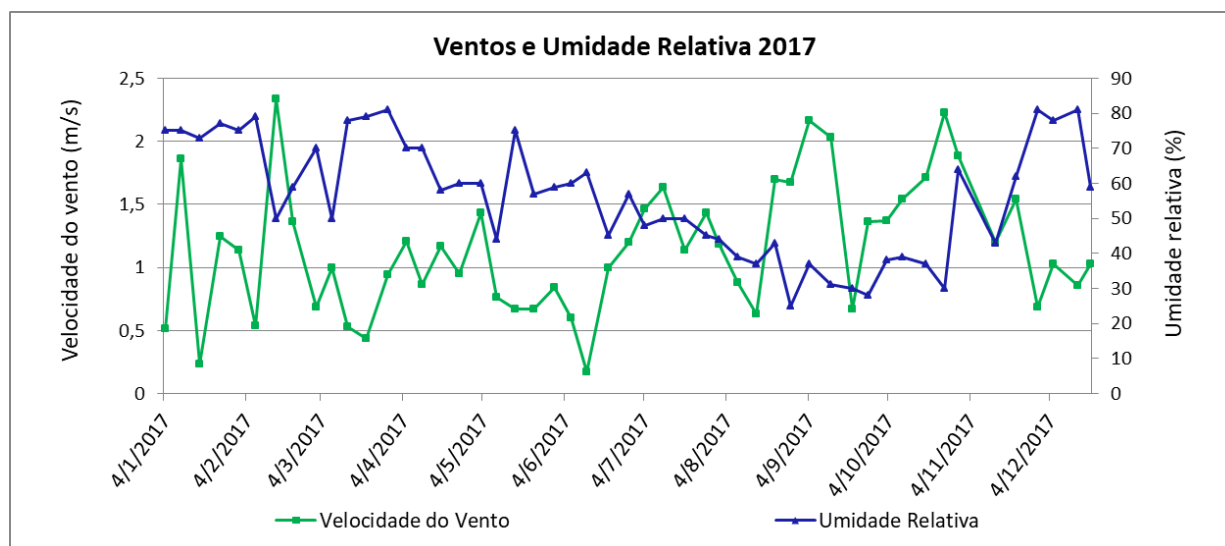
Em relação à Praça do Trabalhador, em 2017, verifica-se no Gráfico 2 que os níveis de PTS ultrapassaram o VMP durante várias medições consecutivas: 8/8/2017 (134 µg/m³), 15/8/2017 (155 µg/m³), 22/8/2017 (136 µg/m³) e 28/8/2017 (124 µg/m³), ou seja, todas no mês de agosto. Novamente, convém ressaltar que esse mês faz parte de um longo período onde há ausência de chuvas em Goiânia, além de ter sido o mês com maior registro de queimadas de 2017, seguido dos meses outubro e setembro, respectivamente, para os quais também são observados elevados índices de PTS.

No dia 3/10/2017, como houve precipitação de 35 mm, a concentração de PTS também caiu drasticamente nesta estação, em relação aos dois meses antecedentes. E, assim como ocorre na Praça Cívica, os menores valores de PTS foram obtidos para os períodos mais chuvosos.

Portanto, é possível afirmar que os níveis de PTS nesta estação também foram influenciados pela ocorrência de precipitação e de casos de queimadas, não havendo grande influência do parâmetro “temperatura média”.

Os dados referentes à velocidade do vento e à umidade relativa, para os mesmos dias onde houve monitoramento da qualidade do ar em 2017, seguem apresentados no Gráfico 3.

Gráfico 3 – Velocidade do Vento e Umidade Relativa – 2017

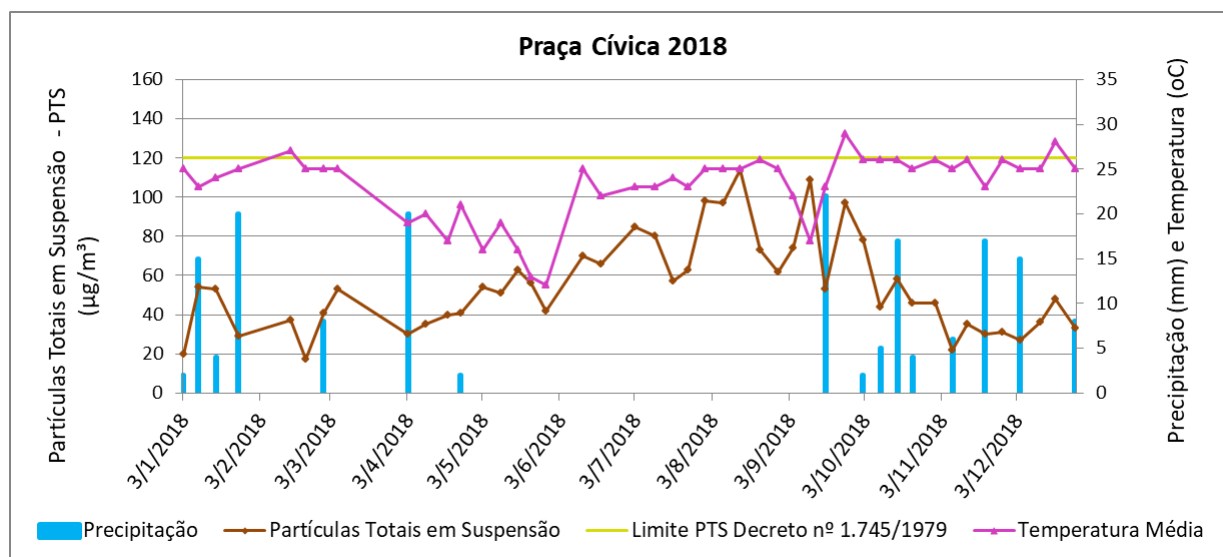


Analisando o Gráfico 3, percebe-se que a velocidade do vento teve uma baixa amplitude de variação, oscilando entre 0,2 e 2,3 m/s. Os dias para os quais foram verificados os maiores níveis de PTS, tanto na Praça Cívica, quanto na Praça do Trabalhador, coincidiram com dias de velocidades do vento relativamente baixas, que podem ter prejudicado a dispersão dos poluentes. O parâmetro umidade relativa apresenta forte correlação com a ocorrência de precipitação, de maneira que para maiores umidades relativas, tem-se menores concentrações de PTS.

Vale salientar que enquanto os pontos de monitoramento da qualidade do ar da SEMAD se encontram na região central da capital goiana, a estação do INPE, de onde foram obtidos os dados meteorológicos, fica localizada à Marginal Botafogo, podendo, devido a esse fator de localização, ocorrer diferenças nos valores reais de precipitação, temperatura, umidade relativa e velocidade dos ventos ocorridos nas estações da SEMAD, tanto no ano de 2017 quanto em 2018.

Os dados referentes às concentrações de PTS, precipitação e temperatura média, bem como a comparação dos níveis de PTS registrados com o valor máximo permitido pelo Decreto Goiano nº 1.745/1979 ($120 \mu\text{g}/\text{m}^3$) para o ano de 2018, na estação “Praça Cívica” podem ser visualizados no Gráfico 4.

Gráfico 4 – Níveis de PTS, precipitação e temperatura média – Praça Cívica 2018

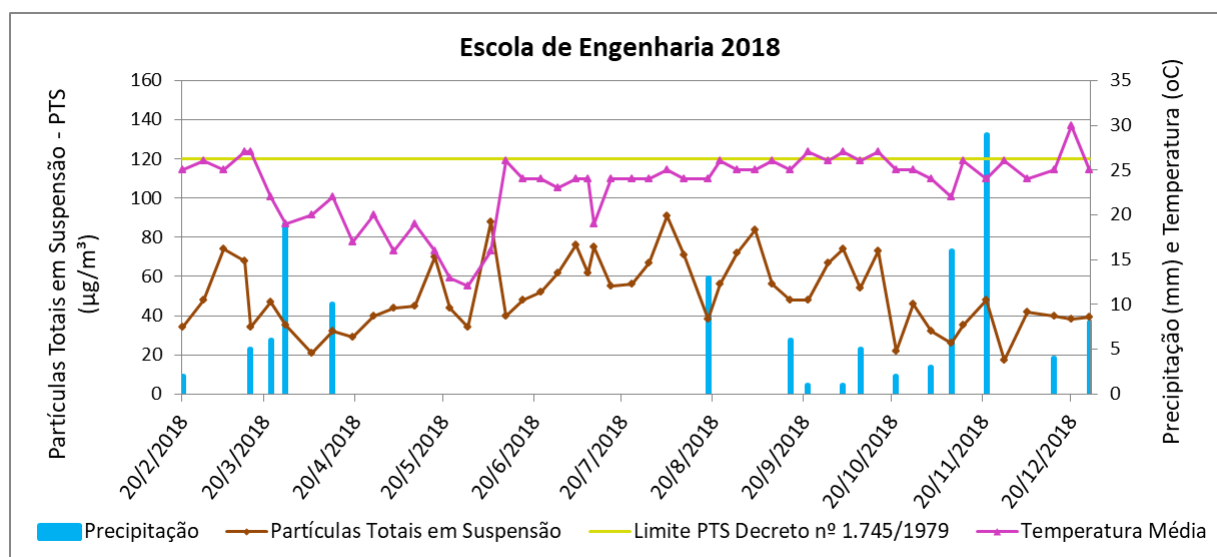


Avaliando os níveis de PTS do Gráfico 4, o parâmetro não ultrapassou o VMP em nenhuma das medições. No entanto, verifica-se que os maiores níveis de PTS apresentados ocorreram nos meses de agosto e setembro, chegando a um valor máximo de $114 \mu\text{g}/\text{m}^3$, no dia 14/08/2018. No ano de 2018, assim como ocorreu em 2017, os registros indicam que no mês de agosto ocorreram mais casos de queimadas, em relação aos demais meses.

Observa-se também no Gráfico 4 que ocorreu uma relação entre temperatura e PTS, em específico na data de 28/05/2018, quando a temperatura foi relativamente baixa, chegando a 12°C , e a concentração de PTS também apresentou queda expressiva, chegando a $42 \mu\text{g}/\text{m}^3$. Esse fato sugere que houve maior dispersão do poluente devido à baixa temperatura.

Os dados referentes à estação “Escola de Engenharia”, considerando os mesmos parâmetros e o mesmo ano, podem ser visualizados no Gráfico 5.

Gráfico 5 – Níveis de PTS, precipitação e temperatura média – Escola de Engenharia 2018



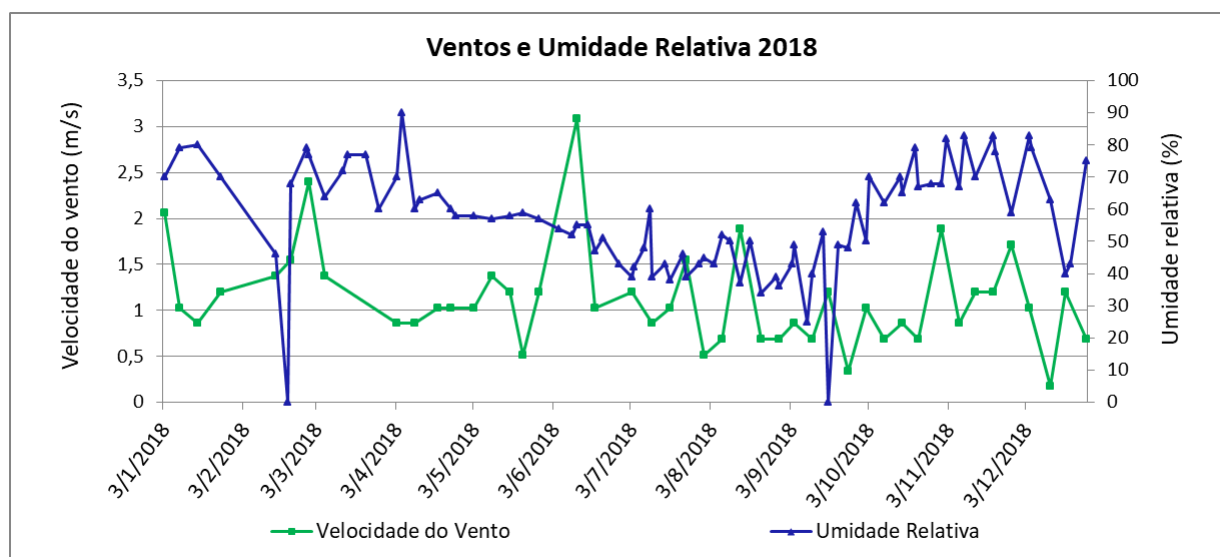
Pode-se perceber que os níveis de PTS da estação “Escola de Engenharia”, em 2018, não ultrapassaram o VMP. A maior concentração registrada foi de 91 µg/m³, no dia 04/08/2018.

No geral, os níveis de PTS observados no Gráfico 5 foram menores, quando comparados às demais estações, tanto em 2017, quanto em 2018. Isso pode ter ocorrido devido ao fato da região onde se encontra essa estação ser mais arborizada e possuir menor fluxo de veículos do que as demais. Por isso, provavelmente, mesmo em períodos de ausência de chuvas, os poluentes emitidos no local foram inferiores e se dispersaram mais facilmente.

Observa-se no Gráfico 5 que, assim como foi registrado na Praça Cívica em 2018, ocorreu uma relação entre temperatura e PTS, também no dia 28/05/2018, quando houve queda na temperatura, que chegou a 12°C. Nesse dia, a concentração de PTS apresentou queda expressiva, chegando a 34 µg/m³. Esse fato também é um indicio de que ocorreu maior dispersão do poluente devido à baixa temperatura.

Os dados referentes à velocidade do vento e umidade relativa, para os mesmos dias onde houve monitoramento da qualidade do ar em 2018, seguem apresentados no Gráfico 6.

Gráfico 6 – Velocidade do Vento e Umidade Relativa – 2018



Analisando o Gráfico 6, observa-se que a velocidade do vento teve amplitude de variação maior do que em 2017, oscilando entre 0,2 e 3,1 m/s. Não foi verificada relação entre a velocidade do vento e a ocorrência de níveis maiores ou menores de PTS. No entanto, como o parâmetro umidade relativa apresenta forte correlação com a ocorrência de precipitação, para maiores umidades relativas, tem-se menores concentrações de PTS.

Diagnóstico da qualidade do ar

As tabelas 5 e 6 apresentam o diagnóstico da qualidade do ar em 2017 e 2018, nas estações estudadas, por meio da classificação dos dados de monitoramento de PTS. A classificação seguiu como base o critério do Decreto Estadual nº 1.745/1979. A concentração de PTS foi classificada como boa, para valores entre 0 e 40 $\mu\text{g}/\text{m}^3$; regular, para valores variando de 41 a 120 $\mu\text{g}/\text{m}^3$; e crítica, para níveis acima de 120 $\mu\text{g}/\text{m}^3$.

Tabela 5 – Diagnóstico da qualidade do ar em 2017, conforme Decreto nº 1.745/1979

Praça Cívica 2017			Praça do Trabalhador 2017		
Data	PTS ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	Classificação	Data	PTS ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	Classificação
04/01/2017	45	Regular	04/01/2017	51	Regular
10/01/2017	43	Regular	10/01/2017	76	Regular
17/01/2017	21	Boa	17/01/2017	29	Boa
25/01/2017	30	Boa	25/01/2017	42	Regular
01/02/2017	38	Boa	01/02/2017	55	Regular
07/02/2017	30	Boa	07/02/2017	38	Boa
15/02/2017	40	Boa	15/02/2017	54	Regular
21/02/2017	44	Regular	21/02/2017	59	Regular
02/03/2017	28	Boa	02/03/2017	39	Boa
08/03/2017	55	Regular	08/03/2017	76	Regular
14/03/2017	47	Regular	14/03/2017	65	Regular
21/03/2017	37	Boa	SM	SM	SM
29/03/2017	36	Boa	SM	SM	SM
05/04/2017	21	Boa	SM	SM	SM
11/04/2017	53	Regular	11/04/2017	74	Regular
18/04/2017	49	Regular	18/04/2017	60	Regular
25/04/2017	34	Boa	25/04/2017	39	Boa
03/05/2017	43	Regular	03/05/2017	70	Regular
09/05/2017	57	Regular	09/05/2017	79	Regular
16/05/2017	41	Regular	SM	SM	SM
23/05/2017	35	Boa	23/05/2017	57	Regular
31/05/2017	58	Regular	31/05/2017	66	Regular
06/06/2017	60	Regular	06/06/2017	86	Regular
12/06/2017	72	Regular	12/06/2017	93	Regular
20/06/2017	58	Regular	20/06/2017	86	Regular
28/06/2017	56	Regular	28/06/2017	94	Regular
04/07/2017	69	Regular	04/07/2017	80	Regular
11/07/2017	60	Regular	11/07/2017	74	Regular
19/07/2017	73	Regular	19/07/2017	105	Regular
27/07/2017	73	Regular	27/07/2017	94	Regular
01/08/2017	83	Regular	01/08/2017	110	Regular
08/08/2017	104	Regular	08/08/2017	134	Crítica
15/08/2017	107	Regular	15/08/2017	155	Crítica
22/08/2017	114	Regular	22/08/2017	136	Crítica
28/08/2017	87	Regular	28/08/2017	124	Crítica
04/09/2017	73	Regular	04/09/2017	99	Regular
12/09/2017	87	Regular	12/09/2017	115	Regular
20/09/2017	82	Regular	20/09/2017	102	Regular
26/09/2017	80	Regular	26/09/2017	96	Regular
03/10/2017	37	Boa	03/10/2017	70	Regular
09/10/2017	94	Regular	09/10/2017	116	Regular
18/10/2017	65	Regular	18/10/2017	82	Regular

25/10/2017	69	Regular	25/10/2017	95	Regular
30/10/2017	42	Regular	30/10/2017	59	Regular
SM	SM	SM	08/11/2017	46	Regular
13/11/2017	53	Regular	13/11/2017	79	Regular
21/11/2017	24	Boa	21/11/2017	28	Boa
29/11/2017	41	Regular	29/11/2017	65	Regular
05/12/2017	31	Boa	05/12/2017	42	Regular
14/12/2017	13	Boa	14/12/2017	13	Boa
19/12/2017	44	Regular	19/12/2017	66	Regular
SM	SM	SM	26/12/2017	53	Regular

SM = Sem Medição

Tabela 6 – Diagnóstico da qualidade do ar em 2018, conforme Decreto nº 1.745/1979

Praça Cívica 2018			Escola de Engenharia 2018		
Data	PTS ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	Classificação	Data	PTS ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	Classificação
03/01/2018	20	Boa	20/02/2018	34	Boa
09/01/2018	54	Regular	27/02/2018	48	Regular
16/01/2018	53	Regular	06/03/2018	74	Regular
25/01/2018	29	Boa	13/03/2018	68	Regular
15/02/2018	37	Boa	15/03/2018	34	Boa
21/02/2018	17	Boa	22/03/2018	47	Regular
28/02/2018	41	Regular	27/03/2018	35	Boa
06/03/2018	53	Regular	05/04/2018	21	Boa
03/04/2018	30	Boa	12/04/2018	32	Boa
10/04/2018	35	Boa	19/04/2018	29	Boa
19/04/2018	40	Boa	26/04/2018	40	Boa
24/04/2018	41	Regula	03/05/2018	44	Regular
03/05/2019	54	Regular	10/05/2018	45	Regular
10/05/2018	51	Regular	17/05/2018	70	Regular
17/05/2018	63	Regular	22/05/2018	44	Regular
22/05/2018	56	Regular	28/05/2018	34	Boa
28/05/2018	42	Regular	05/06/2018	88	Regular
12/06/2018	70	Regular	10/06/2018	40	Boa
19/06/2018	66	Regular	16/06/2018	48	Regular
03/07/2018	85	Regular	22/06/2018	52	Regular
11/07/2018	80	Regular	28/06/2018	62	Regular
18/07/2018	57	Regular	04/07/2018	76	Regular
24/07/2018	63	Regular	08/07/2018	62	Regular
31/07/2018	98	Regular	10/07/2018	75	Regular
07/08/2018	97	Regular	16/07/2018	55	Regular
14/08/2018/	114	Regular	23/07/2018	56	Regular
22/08/2018	73	Regular	29/07/2018	67	Regular
29/08/2018	62	Regular	04/08/2018	91	Regular
04/09/2018	74	Regular	10/08/2018	71	Regular
11/09/2018	109	Regular	18/08/2018	38	Boa

17/09/2018	53	Regular	22/08/2018	56	Regular
25/03/2018	97	Regular	28/08/2018	72	Regular
02/10/2018	78	Regular	03/09/2018	84	Regular
09/10/2018	44	Regular	09/09/2018	56	Regular
16/10/2018	58	Regular	15/09/2018	48	Regular
22/10/2018	46	Regular	21/09/2018	48	Regular
31/10/2018	46	Regular	28/09/2018	67	Regular
07/11/2018	22	Boa	03/10/2018	74	Regular
13/11/2018	35	Boa	09/10/2018	54	Regular
20/11/2018	30	Boa	15/10/2018	73	Regular
27/11/2018	31	Boa	21/10/2018	22	Boa
04/12/2018	27	Boa	27/10/2018	46	Regular
12/12/2018	36	Boa	02/11/2018	32	Boa
18/12/2018	48	Regular	09/11/2018	26	Boa
26/12/2018	33	Boa	13/11/2018	35	Boa
SM	SM	SM	21/11/2018	48	Regular
SM	SM	SM	27/11/2018	17	Boa
SM	SM	SM	05/12/2018	42	Regular
SM	SM	SM	14/12/2018	40	Boa
SM	SM	SM	20/12/2018	38	Boa
SM	SM	SM	26/12/2018	39	Boa

SM = Sem Medição

Analisando o diagnóstico, observa-se que na maioria dos dias, em todos os pontos de monitoramento, a qualidade do ar se manteve regular. Nos dias para os quais a qualidade do ar foi classificada como crítica, no ponto “Praça do Trabalhador”, em agosto de 2017, pode-se considerar a mesma justificativa mencionada no item 4.2, ou seja, o longo período de seca e o alto número de casos de queimadas.

Agosto é considerado o mês mais seco no estado de Goiás, com nenhum índice pluviométrico, fortes focos de queimadas e baixa umidade relativa do ar, todos os parâmetros que cooperam para a maior concentração de poluentes. Além disso, devem ser considerados os parâmetros antrópicos, tais como alto fluxo de veículos.

Ressalta-se também que o Decreto Goiano nº 1.745/1979 determina que o padrão diário de 120 µg/m³ não pode ser excedido mais de uma vez por ano, fato que não foi atendido na região da estação “Praça do Trabalhador” no período em estudo.

O ponto “Escola de Engenharia” apresentou maior número de dias de medição para os quais a classificação foi “boa”, provavelmente devido ao fato da região dessa estação ser mais arborizada e com menor trânsito, em conjunto com as condições climáticas favoráveis.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

Com o estudo realizado, pode-se comprovar o quanto as condições meteorológicas, principalmente os parâmetros precipitação e temperatura, e a ocorrência de queimadas influenciam nas concentrações de partículas em suspensão em Goiânia. Analisando os resultados obtidos, pode-se concluir que o único mês que ultrapassou os limites de emissão pré-estabelecidos pelo Decreto Goiano 1.745/1979 ($120 \mu\text{g}/\text{m}^3$), foi agosto de 2017 (chegando a um máximo de $155 \mu\text{g}/\text{m}^3$), no ponto “Praça do Trabalhador”.

O mês de agosto faz parte da estação seca do estado, se tornando o mês responsável pelo maior número de queimadas (tanto naturais, quanto clandestinas) durante o período analisado, chegando a alcançar 347 incêndios no ano de 2017, o que influenciou diretamente na concentração de poluentes no ar; uma vez que a partir de outubro do mesmo ano, os índices de emissão de poluentes foram altos, porém, devido às altas precipitações, os poluentes se dispersaram com maior facilidade, diminuindo a concentração e abaixando os níveis de poluição do ar.

Padrão de relação entre precipitação, queimadas e concentração de PTS semelhante foi percebido para o ano de 2018. No geral, meses mais chuvosos e com menor número de casos de queimadas apresentaram menores níveis de PTS. Em 2018, tanto na Praça Cívica, quanto na Escolha de Engenharia, quando houve queda expressiva na temperatura, a concentração de PTS também reduziu drasticamente, indicando que houve maior dispersão do poluente devido à baixa temperatura.

Com base nos diagnósticos da qualidade do ar, tanto em 2017, quanto em 2018, seguindo como base o critério do Decreto Estadual nº 1.745/1979, Goiânia apresentou na maior parte do tempo uma qualidade do ar “regular”, sem ultrapassar os $120 \mu\text{g}/\text{m}^3$. Porém, quatro dias de medição apresentaram qualidade do ar “crítica”, dias nos quais a concentração de PTS ultrapassou os $120 \mu\text{g}/\text{m}^3$, em agosto de 2017.

Vale ressaltar que, por mais que o município de Goiânia seja uma das poucas capitais do Brasil que possui sistema de monitoramento do ar, dois pontos de monitoramento estão longe de ser o ideal, uma vez que as medições são locais, portanto, os dados não representam de maneira significativa a qualidade do ar em toda a cidade. Sendo assim, é importante a iniciativa de empresas, universidades e governos na busca de incremento de pontos de monitoramento da qualidade do ar. Além disso, é importante a atuação desses órgãos em atividades que envolvam o controle da poluição e o desenvolvimento de estudos sobre o tema e sobre parâmetros

intervenientes, visando à melhoria da qualidade do ar e a obtenção de melhor qualidade de vida à população.

REFERÊNCIAS

ARAÚJO, F. M; MIZIARA, F. Análise da ocorrência das morbidades respiratórias e sua relação com a incidência de áreas queimadas para o estado de Goiás. **Bol. Goia. Geogr.**, v. 34, n. 1, p. 111-131, Goiânia, jan./abr. 2014.

ARBEX, M. A. et al. A poluição do ar e o sistema respiratório. **J. bras. pneumol.**, São Paulo, v. 38, n. 5, p. 643-655, out. 2012.

BARRY, R. C; CHORKEY, R. J. **Atmosfera, tempo e clima**. Tradução: Ronaldo Cataldo Costa; revisão técnica: Francisco Eliseu Aquino – 9 ed. – Dados eletrônicos. – Porto Alegre: Bookman, 2013.

BRAIT, C. H. H.; FILHO, N. R. A. Desenvolvimento e aplicação de sistema passivo de coleta de poluentes atmosféricos para monitoramento de Cd, Cr, Pb, Cu, Fe, Mn, Zn e Particulados Totais. **Quím. Nova**, São Paulo, v. 33, n. 1, p. 7-13, 2010 .

BRASIL. **Resolução CONAMA nº 05, de 15 de junho de 1989**. Dispõe sobre o Programa Nacional de Controle da Poluição do Ar – PRONAR. Brasília: Diário Oficial da União, 1989.

BRASIL. **Resolução CONAMA nº 491, de 19 de novembro de 2018**. Revoga a Resolução Conama nº 03/1990 e os itens 2.2.1 e 2.3 da Resolução Conama nº 05/1989 e dispõe sobre padrões de qualidade do ar. Brasília. Diário Oficial da União, 2018.

BRASIL. MMA – MINISTÉRIO DO MEIO AMBIENTE. **Qualidade do ar**. Disponível em: <<http://www.mma.gov.br/cidades-sustentaveis/qualidade-do-ar>>. Acesso em: 28 de Janeiro de 2020.

CNM - Confederação nacional dos Municípios. **A frota de veículos nos Municípios em 2018**. 2018. Disponível em: <https://www.cnm.org.br/cms/biblioteca/Evolucao_automoveis%20nos%20Munici%CC%81pios%20de%202018_06_27.pdf>. Acesso em: 03 de junho de 2019.

CORPO DE BOMBEIROS DO ESTADO DE GOIÁS. **Banco de dados de incêndios**. Seção de informática e estatística. Goiânia, 2019.

COSTA, E. C. **Caracterização do material particulado inalável na atmosfera e na vegetação urbana da cidade de Goiânia**. 2011. 147 f. Dissertação (Mestrado em Engenharias) - Universidade Federal de Goiás, Goiânia, 2011.

DE CARVALHO, C. H. R. **Emissões relativas de poluentes do transporte motorizado de passageiros nos grandes centros urbanos brasileiros**. Texto para Discussão. Brasília: Instituto de Pesquisa Econômica Aplicada (IPEA), No. 1606, 2011.

DETRAN - Departamento de Transito. **Estatísticas da Frota de Veículos no Estado**. 2018. Disponível em: <<http://inside.detran.go.gov.br/frota/index.htm>>. Acesso em: 03 de junho de 2019.

IBGE - Instituto brasileiro de Geografia e Estatística. **Cidades e Estados**. 2018. Disponível em: <<https://www.ibge.gov.br/cidades-e-estados/go/goiania.html>>. Acesso em: 03 de junho de 2019.

INPE - Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais. **A estrutura elétrica da atmosfera**. 2019. Disponível em: <<http://www.inpe.br/webelat/homepage/menu/relamp/eletricidade.atmosferica/estrutura.eletrica.da.atmosfera.php>>. Acesso em: 03 de junho de 2019.

INPE - Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais. **Dados meteorológicos**. 2019. Disponível em: <<https://www.inpe.com.br>>. Acesso em: 03 de junho de 2019.

INPE - Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais. **Influência da poluição e temperatura nas doenças do trato respiratório**. 2007. Disponível em: <http://www.dsr.inpe.br/vcsr/files/16b-Influencia_em_doencas_do_Trato_respiratorio.pdf>. Acesso em: 12 de junho de 2019.

FARIAS, et al. **Características das condições de tempo e clima e poluição do ar em Goiânia**. Goiânia: III Congresso Brasileiro de Gestão Ambiental, 2012.

FERREIRA, A. B. **Avaliação do risco humano a poluentes atmosféricos por meio de biomonitoramento passivo: um estudo de caso em São Mateus do Sul, Paraná**. 2009. Tese (Doutorado em Patologia) - Faculdade de Medicina, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2009.

FREIBERG, M. R.; PASQUALETO, A., 2009. **Diagnóstico da qualidade do ar de Goiânia-GO**. Universidade Católica de Goiás – Departamento de Engenharia – Engenharia Ambiental. TCC II. Goiânia – GO.

GOIÂNIA. **História de Goiânia**. 2019 Disponível em: <<http://www4.goiania.go.gov.br/portal/goiania.asp?s=2&tt=con&cd=1964>>. Acesso em: 12 de junho de 2019.

GOIÁS. **Decreto nº 1.745, de 06 de dezembro de 1979**. Aprova o Regulamento da Lei nº 8544, de 17 de outubro de 1978, que dispõe sobre a prevenção e o controle da poluição do meio ambiente. Goiânia: Diário Oficial de Goiás, 1979.

GOMES, A.B.S. **Análise temporal das condições meteorológicas e concentração de material particulado: Estudo de caso em Interlagos e Ponte dos Remédios no estado de São Paulo**. Universidade Federal do Rio Grande do Norte. Centro de Tecnologia. Coordenação do Curso de Engenharia Ambiental. TCC II. Natal, RN, 2016.

GOOGLE MAPS. 2019. Disponível em: <<https://www.google.com.br/maps/@-16.6974198,-49.2334694,15z>>. Acesso em: 03 de junho de 2019.

GUIMARÃES, C. **Controle e monitoramento de poluentes atmosféricos**. 1.ed. Rio de Janeiro: Elsevier, 2016.

LISBOA, H. M. **Controle da Poluição Atmosférica** – Cap. 3 Efeitos da Poluição Atmosférica – ENS/UFSC. Revisão do texto – Março 2014 – Florianópolis/SC.

MARQUES, R.; SANTOS, E. S. DOS. Redes de monitoramento de material particulado inalável, legislação e os riscos à saúde. **Revista Brasileira de Geografia Médica e da Saúde**, v. 8, n. 14, p. 115 - 128, 6 jun. 2012.

MATAVELI, et al. **Modelagem da contribuição de Cerrado sobre as emissões brasileiras de material particulado fino associadas à queima de biomassa**. Revista do departamento de geografia. Universidade de São Paulo. Volume Especial do II Workshop do Programa de Pós-Graduação em Geografia Física (2018).

MESQUITA, M.E.A; LUIZ, G.C. **Ensaio ao entendimento da poluição do ar em Goiânia-GO**. Anais do VI Simpósio Brasileiro de Climatologia Geográfica, UFS, Aracaju, 2004.

MONTEIRO, A. A composição química da atmosfera: contributo da climatologia para a implementação de uma política de desenvolvimento sustentado. **Revista da Faculdade de Letras-Geografia**, I série, Vol V, Porto, 1989, p.257-294, 2005.

NASCIMENTO, D.T.F; OLIVEIRA, I.J. Análise da evolução do fenômeno de ilhas de calor no município de goiânia-go (1986-2010). **Boletim Goiano De Geografia**, v. 31, n. 2, p. 113-127, 2011.

POLEZER, Gabriela. **Materiais antropogênicos suspensos na atmosfera de Curitiba**. 2015. 146 f. Dissertação (Mestrado) – Curso de Engenharia e Ciência dos Materiais, Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 2015.

RIBEIRO, H. Queimadas de cana-de-açúcar no Brasil: efeitos à saúde respiratória. **Revista de Saúde Pública**, v. 42, n. 2, p. 370-376, 2008.

SANTOS, et al. Avaliação da influência das condições meteorológicas em dias com altas concentrações de material particulado na Região Metropolitana do Rio de Janeiro. **Eng. Sanit. Ambient.**, Rio de Janeiro, v. 21, n. 2, p. 307-313, 2016 .

SEMAD – SECRETARIA DE ESTADO DE MEIO AMBIENTE E DESENVOLVIMENTO SUSTENTÁVEL - **Relatório anual qualidade do ar biênio 2013 – 2014**. Disponível em: <<http://monitoramentodoar.secima.go.gov.br/wp-content/uploads/2018/04/Relat%C3%B3rio-2016-2017-versao-final.pdf>> Acesso em: 15 de Outubro de 2018.

SEMAD – SECRETARIA DE ESTADO DE MEIO AMBIENTE E DESENVOLVIMENTO SUSTENTÁVEL - **Relatório de monitoramento da qualidade do ar 2016-2017**: Disponível em:<<http://monitoramentodoar.secima.go.gov.br/wpcontent/uploads/2018/04/Relat%C3%B3rio-2016-2017-versao-final.pdf>> Acesso em: 15 de Outubro de 2018.

SILVA, L. T.; MENDES, J. F. G. **Determinação do índice de qualidade do ar numa cidade de média dimensão**. PLURIS 2006, 2º Congresso Luso-Brasileiro para o Planeamento Urbano, Regional, Integrado e Sustentável. Universidade do Minho, em Braga, Portugal.

TORRES, F. T. P; MARTINS, L. A. Fatores que influenciam na concentração do material particulado inalável na cidade de juiz de fora (mg). **Caminhos de Geografia**, v. 4, n. 16, p. 23 - 39, out/2005.



USEPA - UNITED STATES ENVIRONMENTAL PROTECTION AGENCY. **Particle Pollution and Your Patients Health.** 2015. Disponível em: <<https://www.epa.gov/pmcourse/what-particle-pollution>>. Acesso em: 28 de Janeiro de 2020.

WHO – WORLD HEALTH ORGANIZATION. **Air quality guidelines for particulate matter, ozone, nitrogen dioxide and sulfur dioxide.** Global update 2005. Genebra: WHO, 2006.

CAPÍTULO 12

PRODUÇÃO PESQUEIRA DE ESPÉCIES DA FAMÍLIA ARIIDAE (PISCES: SILURIFORMES) NA PENÍNSULA BRAGANTINA, LITORAL AMAZÔNICO

Nayara Cristina Mendes⁴³
Pedro Andrés Chira Oliva⁴⁴
Israel Hidenburgo Aniceto Cintra⁴⁵
Bianca Bentes⁴⁶

RESUMO

Ariídeos são de significativa importância pesqueira na costa Norte do Brasil, visto que algumas espécies ocorrem em alta biomassa e possuem elevado valor econômico. As informações sobre as capturas foram coletadas por meio do projeto Estatística Pesqueira do Estado do Pará, no período de abril de 2008 a novembro 2010 nos principais locais de desembarque da região península bragantina, através de formulários semiestruturados aplicados aos pescadores. Foi observada uma pesca de pequena escala, com forte atividade de barcos de pequeno porte e canoas a vela, além de médias diferentes de produção e CPUE quando analisados por tipo de arte de pesca, onde a linha de mão foi a mais expressiva. Há ainda um volume significativo de produção no período seco. As pescarias são normalmente estuarino costeiras e ensejam a importância social deste táxon. Os resultados reiteram a necessidade de um monitoramento mais eficiente considerando a complexidade dos sistemas de produção pesqueira deste grupo.

Palavras-chave: bagres, pesca artesanal, CPUE, desembarque.

INTRODUÇÃO

A costa Norte do Brasil abrange os estados do Pará, Amapá e Maranhão (HAIMOVICI and KLIPPEL, 1999) e a área de atuação da frota é classicamente a plataforma continental cuja área é de aproximadamente 295.000 Km².


Além de conformar a maior área de manguezal contínua do Brasil (SOUZA FILHO, 2005), ocupando uma área de 466.8 Km² (SOUZA FILHO and EL-ROBRINI, 1996) é uma área com elevada diversidade, a qual está associada à alta produtividade da região (SOUZA

⁴³ M.Sc. Universidade Federal do Pará, Laboratório de Bioecologia Pesqueira. Instituto de Estudos Costeiros. Bragança – PA. E-mail: nayaracbmenDES@yahoo.com.br. <http://lattes.cnpq.br/5170483292645174>

⁴⁴ Dr. Universidade Federal do Pará, Laboratório de Geofísica. Instituto de Estudos Costeiros. Bragança – PA. E-mail: chira@ufpa.br. <http://lattes.cnpq.br/0224399927142671>

⁴⁵ Dr. Universidade Federal Rural da Amazônia. Instituto Sócio Ambiental e de Recursos Hídricos. Belém-PA. E-mail: israel.cintra@ufrpa.edu.br. <http://lattes.cnpq.br/6632466008150577>

⁴⁶ Dr. Universidade Federal do Pará, Laboratório de Bioecologia Pesqueira. Instituto de Estudos Costeiros. Bragança – PA. E-mail: bianca@ufpa.br. <http://lattes.cnpq.br/0750868396813509>



FILHO, 2005). Esta riqueza advém do potencial biológico de produção na foz do Amazonas (ISAAC and BARTHEM, 1995). O grande volume pesqueiro está proporcionalmente ligado à elevada disponibilidade de alimento encontrada na região proveniente da desembocadura de rios, as quais são tomadas por uma alta descarga de sedimentos (BARTHEM, 2006).

A alta produção primária característica do litoral Norte, responde por sua produção pesqueira que em 2011, segundo estatísticas oficiais (MPA, 2011), colocou o Pará em segundo lugar na produção de pescado com um total de 153.332,3 t (10,7%) perdendo somente para o estado de Santa Catarina, com 194.866,6 t (13,6%).

Seguindo a tendência de produção do estado do Pará, o município de Bragança (Pará) em 2004 obteve uma produção de 11.281,36 t, onde 1.785 t (aproximadamente 16%) eram de representantes da família Ariidae, segundo dados do IBAMA (2005). A representatividade da produção de bagres ariídeos na região foi reportada por BENTES *et al.* (2012), que listou que das espécies mais capturadas nas pescarias artesanais desembarcadas em Bragança no ano de 2005, os bagres da família Ariidae responderam por aproximadamente 20% do total.

Considerando a importância ecológico-econômica de espécies da família Ariidae, as pescarias têm sido estudadas com maior abrangência e as características relacionadas aos impactos pesqueiros tem sido elencadas sobre diferentes aspectos. Desta forma, e tendo em vista a relativa importância do táxon nas pescarias artesanais e de subsistência no litoral Norte do Brasil, o presente trabalho visa caracterizar a atividade e avaliar a produção pesqueira dos bagres da Família Ariidae nos principais portos de desembarque da Península de Ajuruteua – Nordeste Paraense, haja visto os registros significativos da família, além de estudar os padrões de variabilidade da captura por unidade de esforço.

MATERIAL E MÉTODOS

Área de estudo: península bragantina

Os dados foram coletados buscando-se cobrir o total de desembarques ocorridos no período estudado e posteriormente catalogados em um banco de dados relacional (Access 8.0).

As informações foram coletadas por meio do projeto Estatística Pesqueira do Estado do Pará, com fomento do extinto Ministério de Pesca e Aquicultura em convênio com a extinta Secretaria de Pesca do Estado do Pará no período de abril de 2008 a novembro 2010 nos principais locais de desembarque da região bragantina, sendo eles: Porto do Atalaia, Porto do

Bacuriteua, Porto de Bragança, *Portinho, Porto Castelo, Porto do Caratateua, Porto do Treme, Porto do Taperaçú, Porto da Vila do Bonifácio e Porto da Vila dos Pescadores (Figura 1).

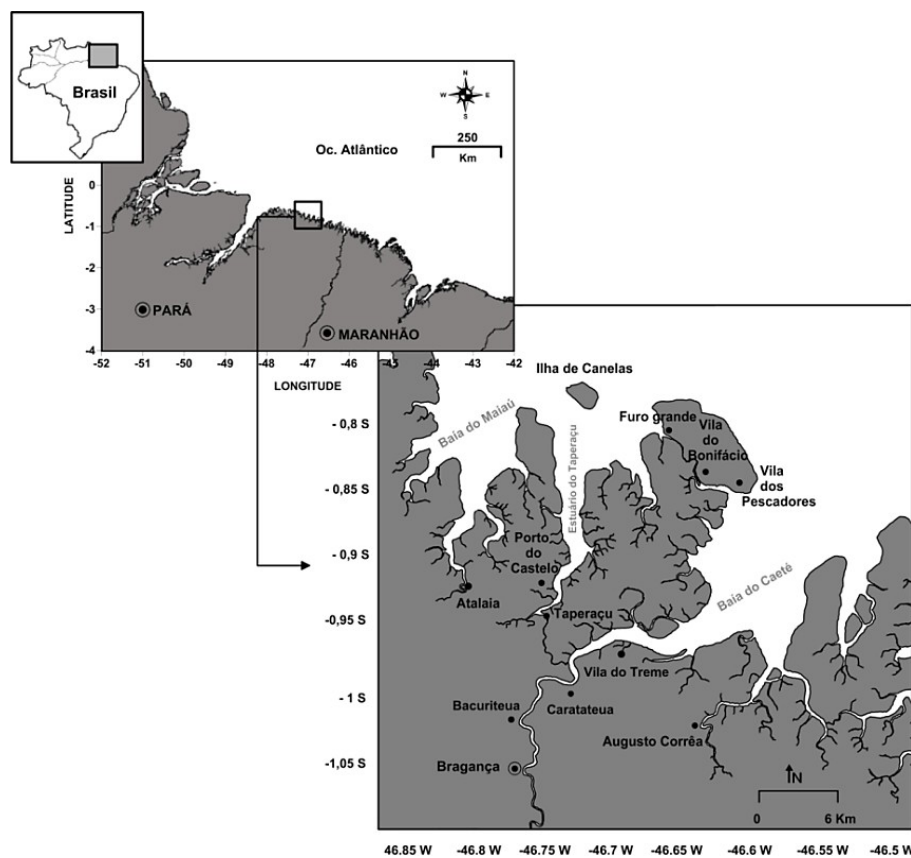


Figura 1. Localização geográfica da península bragantina na Costa Norte Brasileira com os pontos de coleta de dados censitários de desembarque pesqueiro, no período de janeiro de 2008 a dezembro de 2010. *Portinho não aparece no mapa porque faz parte do município de Bragança.

Coleta de dados

Os dados foram obtidos com o auxílio de coletores que aplicavam formulários semiestruturados ao pescador ou ao mestre da embarcação no momento do desembarque. Estes requeriam informações sobre a embarcação e o esforço empregado nas capturas (artes de pesca empregadas, dias de mar, dias efetivos de pesca), detalhando as espécies (nomes vernaculares) e os seus respectivos volumes desembarcados (em kg).

Análise dos dados

O período sazonal foi definido por FREIRE *et al.* (2012) em: seco= SC (agosto, setembro, outubro e novembro), transição seco-chuvoso=TSC (dezembro), chuvoso=CH (janeiro, fevereiro, março, abril e maio) e transição chuvoso-seco=TCS (junho e julho).

As categorias de barco e os apetrechos de pesca foram agrupados em categorias, segundo ISAAC *et al.* (2006), conforme demonstram as Tabela I e II, respectivamente.


Tabela 1. Descrição das categorias de barco utilizadas na costa Norte do Brasil BMP= Barco de médio porte, BPP= Barco de pequeno porte, CAM= Canoa motorizada, CAN= Canoa á vela e MON= Montaria. (Adaptada de SEAP/IBAMA/PROZEE, 2006).

Categoria barco	Tamanho	Propulsão	Descrição
BMP	Igual ou maior a 12 m	Motor ou motor e vela	Convés fechado com casaria e urna.
BPP	8 a 11,9 m	Motor ou motor e vela	Convés fechado ou semi-fechado, com ou sem casaria e urna.
CAM	Menor que 8 m	Motor ou motor e vela	Com ou sem convés, com ou sem casaria.
CAN	-	À vela ou a remo e vela	Sem convés ou com convés semi-fechado, com ou sem casaria.
MON	-	A remo	Casco de pequeno porte, sem urna

Tabela 2. Principais artes de pesca e suas características utilizadas nas pescarias na costa Norte do Brasil. Fonte: Isaac *et al.* (2006).

Artes de pesca	Tipos de pesca	Características	Espécies
Armadilhas fixas	Curral	Estrutura de madeira (geralmente do mangue) com entrada em forma de "V", chamada de "espia", que direciona os peixes para o interior da armadilha ou "chiqueiro".	Peixes estuarinos, demersais e pelágicos.
	Fuzarca	Estrutura de madeira (geralmente do mangue) com entrada similar ao curral, que direciona os peixes para o interior de uma rede cônica.	Peixes estuarinos e de praia, demersais e pelágicos.
Armadilhas móveis	Cacuri	Câmara cilíndrica construída com varas finas de madeira e paralelas, com a entrada feita de rede de emalhe.	Peixes estuarinos demersais.
	Manzuá	Estrutura cilíndrica ou cônica, construída com varas finas madeira, que permite a entrada, mas não a saída do pescado.	Peixes estuarinos demersais e lagosta.
Redes fixas	Zangaria	Rede de emalhe de 1,2 a 2 cm de malha, usada em cercos na	Peixes e crustáceos que entram em canais de maré.

		desembocadura de pequenas enseadas e canais de maré.	
	Tapagem	Rede de emalhe de 1,2 a 2 cm entre nós, colocada transversalmente em pequenos canais de maré.	Peixes e crustáceos que entram em canais de maré.
Redes móveis (de emalhe)	Pescadeira	Rede de nylon multifilamentado, de 18 cm de malha, colocada perpendicular à correnteza, sendo arrastada por ela no fundo.	Pescada amarela.
	Serreira	Rede de nylon multifilamentado com 10 cm de malha, colocada perpendicular à correnteza.	Serra.
	Caiqueira	Rede de nylon monofilamentado, com malha de 4 cm, utilizada em cercos ou em arrastos manuais de praia.	Pratiqueira.
	Gozeira	Rede de nylon monofilamentado, com 5 cm de malha, utilizada à deriva ou na praia.	Pescada gó
Tarrafa		Rede de forma cônica, geralmente lançada a partir de pequenas embarcações em canais rasos e com pouca vegetação.	Pequenos peixes pelágicos e demersais e camarões.
Linha/ Anzol	Linha de mão	Linha de nylon com anzol na ponta, usada em rios e lagoas.	Peixes demersais.
	Espinhel	Vários anzóis no fim de linhas secundárias, equidistantes (3 ou 4 m) e que pendem de uma linha principal. Usado na coluna d'água ou no fundo de rio ou no mar.	Peixes demersais.
	Bicicleta	Espinhel puxado manualmente por um sistema de molinete, similar aos pedais de bicicleta.	Pargos.
	Pesca de caíco	Pequenas canoas a remo, transportadas por um barco maior, lançadas ao mar com um pescador cada munido de espinhéis e que são recolhidas com a produção do fim do dia.	Pargos.



Os valores de abundância, aqui concebidos como a CPUE (captura por unidade de esforço), foram calculados por meio da divisão do volume produzido por espécie, dividido pelo esforço empregado (dias de mar por embarcação) como demonstra a equação:

$$CPUE = \text{Produção (Kg)} / \text{Dias de mar}$$

*A variação dos valores de CPUE foram avaliados em relação aos fatores: dias de mar, arte de pesca, estação e arte*estação, com base na análise de covariância – ANCOVA (HUITEMA, 1980; QUINN and KEOUGH, 2002). A ANCOVA consiste em uma análise estatística que faz uma integração da análise de variância – ANOVA, com a análise de regressão, o que acaba reduzindo grande parte da variância existente dentro de cada nível de tratamento, aumentando assim o poder do teste (HUITEMA, 1980).*

Os resíduos gerados foram analisados em gráficos de dispersão para verificar se existiam tendências à não-linearidade e heterogeneidade de variâncias. O pacote utilizado para as análises estatísticas foi o STATISTICA 7.0 (StatSoft, 2007).

Todos os dados foram tratados nos programas STATISTICA (StatSoft Inc., 2007) e Microsoft Office Excel 2010 e testados com ANOVA ($\alpha=5\%$) *one-way* considerando todas as premissas da análise.

RESULTADOS

Foram contabilizados 5.689 desembarques de pescado com integrantes da família Ariidae no período de estudo, sendo o ano de 2009 o mais significativo, com um total de 2.733 desembarques, seguidos de 2008 (2.412) e 2010 (544). Os maiores números de desembarques no ano de 2008 foram realizados por barcos de pequeno porte e canoa a vela, seguido por CAN e BPP em 2009 e por CAN em 2010 (Figura 2).

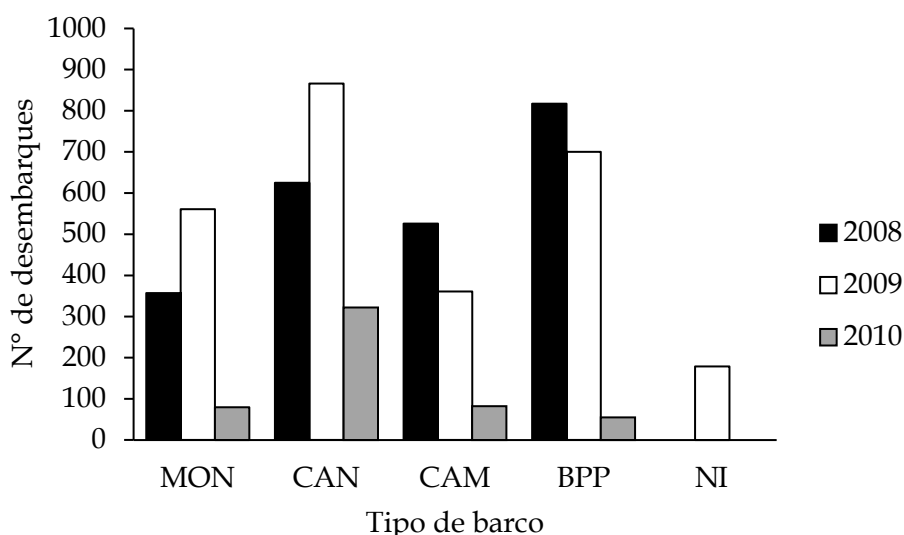


Figura 2. Frequência relativa do número de desembarques realizado pela frota atuante na pesca comercial de Ariidae em um pólo pesqueiro da costa Norte do Brasil, Península de Ajuruteua - Bragança - PA, no período de abril de 2008 a março de 2010. MON = montaria; CAN = canoa à vela ou remo; CAM = canoa motorizada; BPP = barco de pequeno porte; NI = não identificado.

Nos três anos de estudo, a produção de Ariidae desembarcada totalizou 315.854,7 kg (2008 com 132.249,2 kg; 2009 com 150.590,6 kg e 2010 com 33.014,9 kg). A maior produção capturada foi realizada por barcos de pequeno porte ($F=157,17$; $p<0,01$). No entanto, o maior número de desembarque foi obtido pela canoa a vela (Fig. 3).

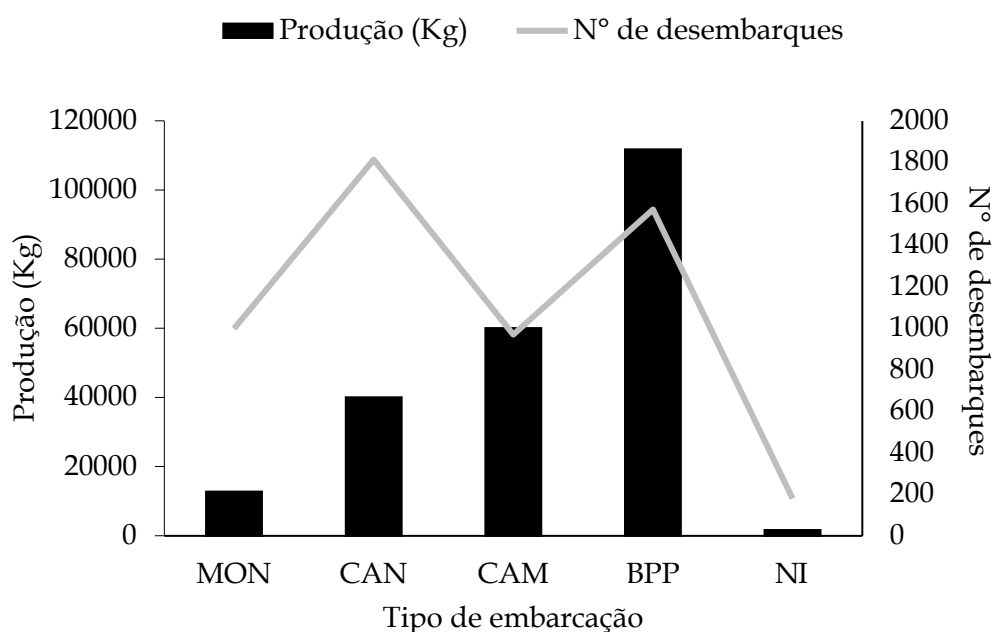


Figura 3. Número de desembarques de Ariidae e produção (t) por tipo de barco, realizados em um pólo pesqueiro da costa Norte do Brasil, Península de Ajuruteua - Bragança - PA, no período de abril de 2008 a março de 2011. MON = montaria, CAN= canoa, CAM = Canoa motorizada, BPP = barco de pequeno porte e NI = não identificado.

A maior produção de Ariidae foi desembarcada no mês de agosto ($F=11,55$; $p<0,01$), entretanto no mês de julho o número de desembarques foi mais expressivo (Tabela 3). O mês de junho foi o de maior média de produção e maio o de maior média de CPUE (Tabela 3).

Tabela 3. Produção total (kg), número de desembarques, média do volume por desembarque (kg), CPUE (Volume kg/dia de mar), média de dias de mar do desembarque na península bragantina – município de Bragança, Pará, Brasil.

Mês	Produção total (Kg)	Nº desembarques	Média do volume desembarcado (Kg)	CPUE	Média dias de mar
Janeiro	20.409,7	496	41,15	11,2	3,30
Fevereiro	19.213,0	386	49,77	21,5	4,22
Março	19.190,4	449	42,74	24,1	3,51
Abril	9.389,2	237	39,62	14,5	3,06
Mai	17.650,2	314	56,21	35,9	2,26
Junho	40.352,0	308	131,01	25,8	5,08
Julho	37.600,8	732	51,37	13,9	2,92
Agosto	43.203,7	612	70,59	25,6	2,72
Setembro	34.069,9	625	54,51	16,7	2,57
Outubro	27.095,3	699	38,76	12,7	2,62
Novembro	25.960,9	548	47,37	16,5	3,28
Dezembro	21.719,7	555	39,13	10,2	3,79

A produção média diferiu estatisticamente entre artes ($F= 14,78$; $p<0,01$) com destaque para a categoria linha, seguido por armadilha fixa e redes móveis combinadas e rede fixa, respectivamente (Fig. 4).

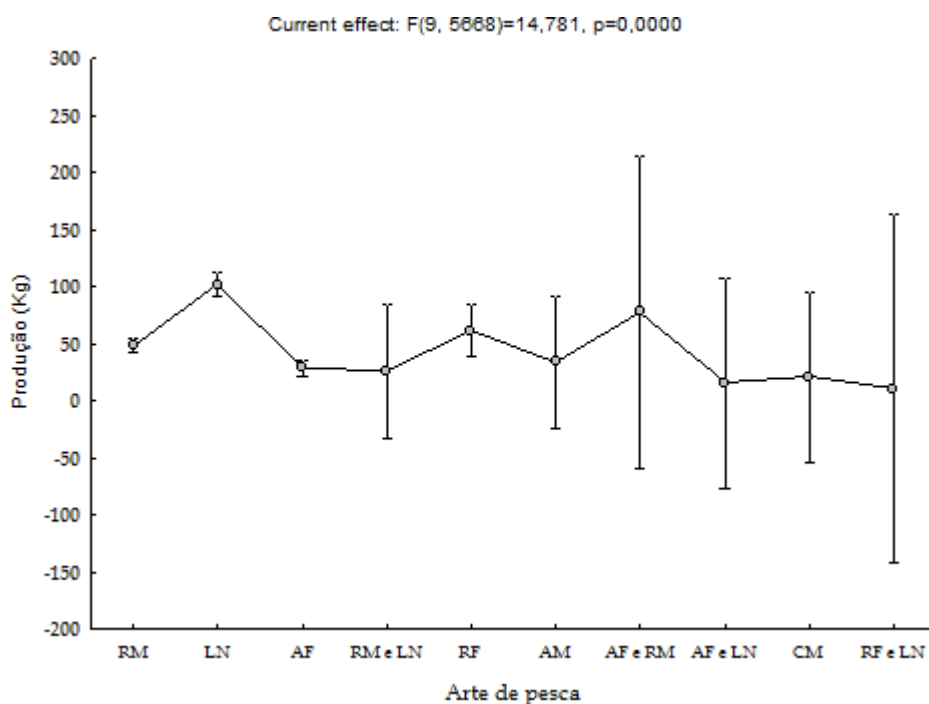


Figura 4. Produção (kg) de Ariidae por categoria arte de pesca, realizados em um pólo pesqueiro da costa Norte do Brasil, Península de Ajuruteua - Bragança - PA, no período de abril de 2008 a março de 2011. RM = rede móvel; LN = Linha; AF = armadilha fixa; RM e LN = rede móvel e linha; RF = rede fixa; AM = armadilha móvel; AF e RM = armadilha fixa e rede móvel; AF e LN = armadilha fixa e linha; CM = coletas manuais; RF e LN = rede fixa e linha.

De todas as espécies capturadas nos desembarques, as mais representativas foram: Bandeirado (115.284,3 Kg) e Uritinga (73.916,7 Kg) (Tabela). A média de produção diferiu estatisticamente entre espécies, com maior média de produção para a Gurijuba (F=45,97; p<0,01).

Tabela 4. Etnoespécie, nome científico e produção dos exemplares de Ariidae capturados na região bragantina no período de 2008 a 2010. * supõe-se que pertença a outra espécie do gênero *Sciades*.

Etnoespécie	Nome científico	Produção por espécie (Kg)
Bagre	<i>Sciades herzbergii</i>	27.169,3
Bandeirado	<i>Bagre bagre</i>	115.284,3
Bragalhão	<i>Sciades couma</i>	1.690,0
Cambéua	<i>Notarius grandicassis</i>	7.966,0
Cangatá	<i>Aspistor quadriscutis</i>	32.629,5
Gurijuba	<i>Sciades parkeri</i>	47.517,8
Jurupiranga	<i>Amphiarius rugispinis</i>	3.192,7
Uricica	<i>Cathorops agassizii</i> / <i>Cathorops spixii</i>	6.335,4
Uritinga	<i>Sciades proops</i>	73.916,7
Uritinguinha	<i>Sciades sp*</i>	153,0

A produção por espécies e arte de pesca combinadas, foi maior com rede móvel e a espécie Bandeirado, seguido de Gurijuba com a categoria arte de pesca linha e Uritinga com armadilha fixa (Tabela 5).

Tabela 5. Produção (t) da pesca comercial de Ariidae por espécie e arte de pesca, em um pólo pesqueiro da costa Norte do Brasil, Península de Ajuruteua – Bragança - PA, no período de abril de 2008 a março de 2011. AF = armadilha fixa; AF e LN = armadilha fixa e linha; AF e RM = armadilha fixa e rede móvel; AM = armadilha móvel; CM = coletas manuais; LN = Linha; RF e LN = rede fixa e linha; RM e LN = rede móvel e linha; RF = rede fixa; RM = rede móvel; * supõe-se que pertença a outra espécie do gênero *Sciades*.

Arte de pesca	Bagre	Espécies								
		Bandeirado	Bragalhão	Cambéua	Cangatá	Gurijuba	Jurupiranga	Uricica	Uritinga	Uritinguinha *
AF	6.143,8	8.376,1	216,0	5,0	462,5	39,7	319,7	1350,5	32.720,9	26,0
AF e LN	32,0	107,0	-	-	-	-	20,0	5,0	5,0	-
AF e RM	48,0	258,0	-	-	-	-	-	-	84,0	-
AM	788,9	-	-	-	-	-	-	-	40,0	-
CM	136,0	36,0	-	-	-	-	-	-	67,0	-
LN	2.762,2	17.458,0	486,0	1.285,0	6.083,0	36.629,0	1.387,5	221,3	13.412,0	-
RF e LN	8,0	16,0	-	-	-	-	7,0	-	12,0	-
RM e LN	254,6	282,0	36,0	-	24,0	-	60,0	-	6,0	-
RF	2.567,9	2.510,0	33,0	519,0	1.538,0	1,1	196,0	1.483,3	1.380,0	-
RM	11.589,9	71.280,2	851,0	5640,0	18.573,0	3.091,0	1.016,8	2.945,8	11.019,5	-

A produção por período sazonal diferiu estatisticamente ($F= 11,10$; $p<0,01$), com destaque para o período de transição chuvoso – seco (TCHS) que evidenciou uma maior média de produção (Figura 5).

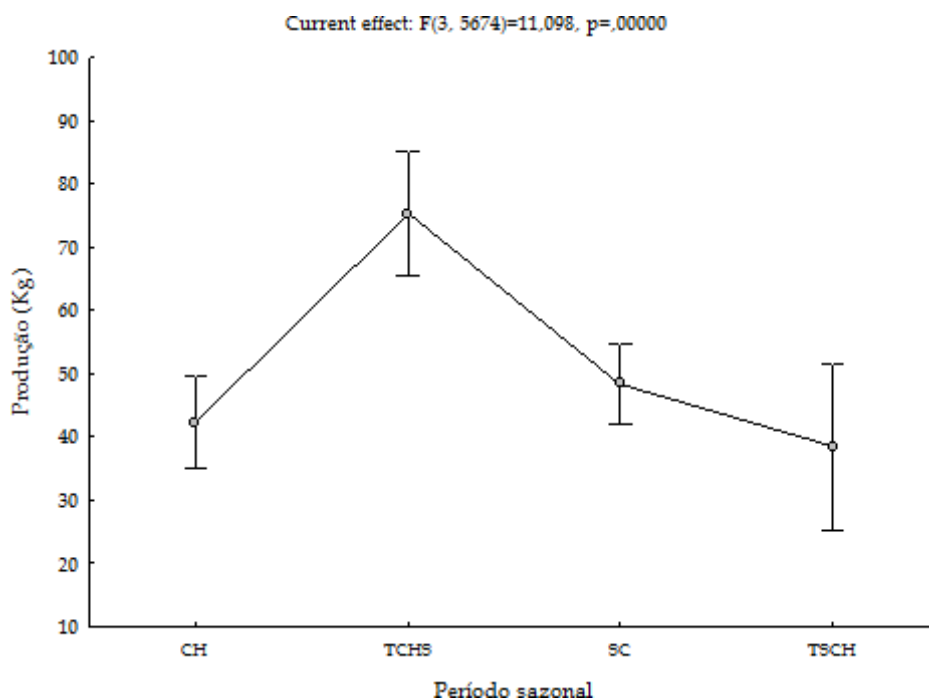


Figura 5. Produção (t) da pesca comercial de Ariidae por período sazonal, em um pólo pesqueiro da costa Norte do Brasil, Península de Ajuruteua – Bragança - PA, no período de abril de 2008 a março de 2011. CH = Chuvoso, TCS = Transição chuvoso-seco, SC = Seco, TSCH = Transição seco-chuvoso.

A maior média de produção de Ariidae por tipo de embarcação foi observada nos barcos BPP nos períodos sazonais CH, TCHS e TSCH, com exceção para o período SC onde a CAM obteve a maior média. Em números gerais entre os tipos de embarcações, o período TCHS foi o mais produtivo, com média de $84,3 \pm 161,3$ kg (Tabela 6).

Tabela 6. Média e desvio padrão da produção (t) de Ariidae por tipo de barco (BPP = barco de pequeno porte, CAM = Canoa motorizada, CAN = canoa, MON = montaria e NI = não identificado) e período sazonal (CH = Chuvoso, TCS = Transição chuvoso-seco, SC = Seco, TSC = Transição seco-chuvoso), em um pólo pesqueiro da costa Norte do Brasil, Península de Ajuruteua - Bragança - PA, no período de abril de 2008 a março de 2010.

Tipo de barco	CH	SC	TCHS	TSCH
MON	6,9±16,3	15,6±20,6	12,9±9,8	8,3±6,4
CAN	19,8±24,8	25,9±43,8	23,9±41,4	16,9±22,1
CAM	45,3±74,1	70,8±107,5	82,5±98,7	31,7±41,4
BPP	71±145,5	67,7±115,9	84,3±161,3	60±62,1
NI	-	8,4±6,3	9,6±7,1	-

A análise da média da captura por unidade de esforço por tipo de barco e período sazonal, evidenciou que todas as tipologias de embarcação diferiram entre si, observando-se

que o período sazonal TSCH foi o de maior produção para todas as embarcações, assim como CAN e MON obtiveram maiores volumes no período seco (Tabela 7). Para a CPUE por tipo de barco e espécie, a Uritinga diferenciou-se das demais espécies obtendo a maior média (Tabela 7). As redes móveis também foram as de maior média da CPUE nas embarcações dos tipos BPP, CAM e CAN, diferenciando apenas para MON com armadilha fixa (Tabela 5).

Tabela 7. Resultados da ANOVA *one-way* em relação à captura por unidade de esforço (CPUE-produção/dias de mar) entre tipo de barco por período sazonal, espécie e categoria arte de pesca realizada pela frota atuante na pesca comercial de Ariidae em um pólo pesqueiro da costa Norte do Brasil, Península de Ajuruteua - Bragança - PA, no período de abril de 2008 a março de 2010. CH=Chuvoso, TSCH=Transição seco-chuvoso, SC= Seco, TCHS= Transição chuvoso-seco, CAM= Canoa motorizada, CAN= canoa à vela ou remo; BPP= barco de pequeno porte, MON=montaria, F¹= teste F da ANOVA, P¹=probabilidade resultante da ANOVA, P²= probabilidade resultante do teste de Tukey.

Variável dependente	Fonte de variação	F ¹	P ¹	Teste de Tukey	
				P ²	Significado
BPP	Período sazonal	6,18	<0,01	<0,01	TSCH>SC>TCHS
	Espécie	4,87	<0,01	<0,01	Uritinga>Cangatá>Bandeirado>Cambéua>Bagre
	Categoria arte de pesca	36,87	<0,01	<0,01	Rede móvel>linhas>armadilha fixa>armadilha fixa e linha
CAM	Período sazonal	6,73	<0,01	<0,01	TSCH> TCHS >SC>CH
	Espécie	2,2	<0,05	-	Uritinga >Bandeirado> Cangatá >Bagre
	Categoria arte de pesca	17,06	<0,01	<0,01	Rede móvel> armadilha fixa> linhas> rede fixa
CAN	Período sazonal	6,9	<0,01	<0,01	SC>CH>TSCH
	Espécie	6,51	<0,01	<0,01	Uritinga>Jurupiranga>Bagre>Bandeirado>Cangatá>Uricica>Gurijuba
	Categoria arte de pesca	6,66	<0,01	<0,01	Rede móvel >armadilha fixa> linha>armadilha móvel
MON	Período sazonal	3,55	<0,05	<0,05	< TSCH/SC
	Espécie	24,4	<0,01	<0,01	Uritinga>Uricica>Bagre>Bandeirado>Cangatá>Jurupiranga
	Categoria arte de pesca	6,19	<0,01	<0,01	Armadilha fixa>rede móvel>linha

Os resultados da Ancova indicam que a co-variável 'arte de pesca' explica a maior parte da variação da CPUE, seguido em ordem decrescente de importância pelos fatores: estação, dias de mar e arte*estação (Tabela 8).

Tabela 8. Resultado da análise de covariância (ANCOVA) para a CPUE (kg.h^{-1} de Ariídeos na costa norte do Brasil em relação aos fatores: dias de mar, arte de pesca, estação e arte*estação. SS = soma dos quadrados; MS = quadrados médios; F = teste de Fisher; P = significância;

	SS	DF	MS	F	p
Intercepto	9015,63	1	9015,634	13,35044	0,000649
DIAS DE MAR	281,79	1	281,788	0,41727	0,521442
ARTE	5774,48	3	1924,826	2,85030	0,047314
ESTAÇÃO	3412,12	3	1137,372	1,68423	0,183171
ARTE*ESTAÇÃO	3466,27	9	385,141	0,57032	0,814313
ERRO	31739,37	47	675,306		

A análise dos resíduos mostrou distribuição aleatória, sem nenhuma tendência à não-linearidade e heterogeneidade de variâncias, demonstrando que o modelo aplicado foi satisfatório (Figura 6).

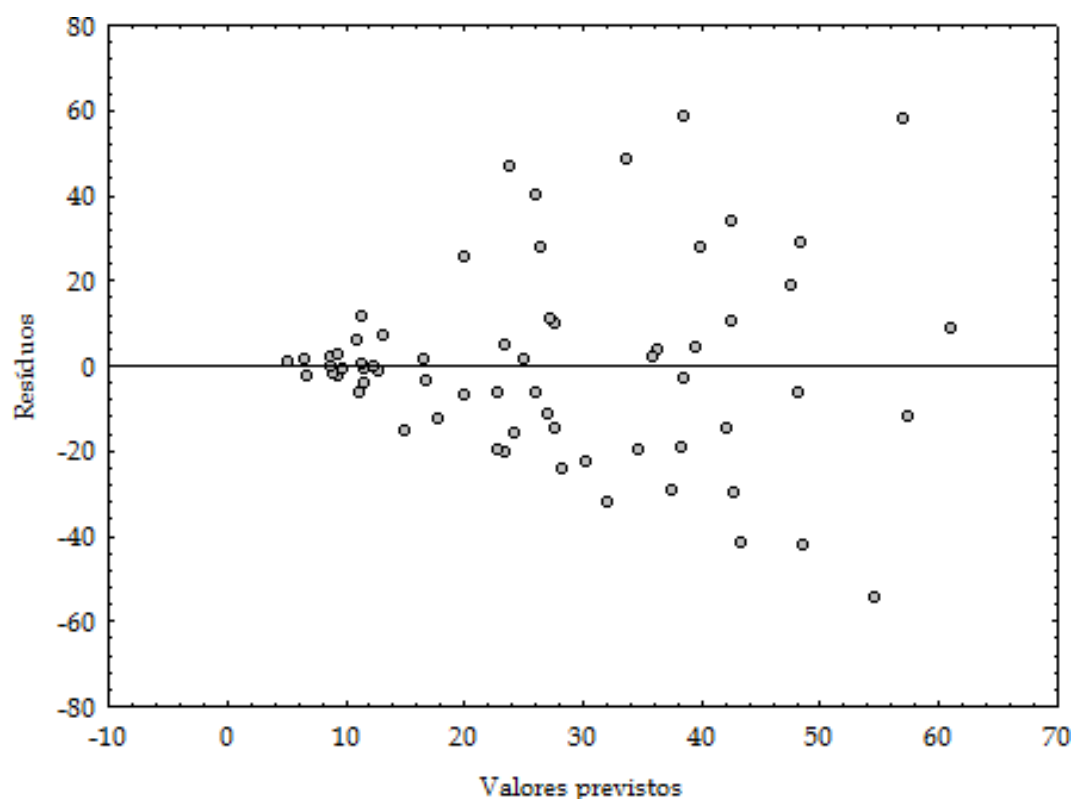


Figura 6. Gráfico de dispersão dos resíduos gerados pela análise de covariância (Ancova) para a CPUE (kg.h^{-1}) de Ariídeos na costa norte do Brasil em relação aos fatores: dias de mar, arte de pesca, estação e arte*estação.

DISCUSSÃO

Ariídeos são indivíduos bastante comuns nas pescarias realizadas na região Norte do Brasil e ainda na região bragantina. Segundo NASCIMENTO *et al.* (2002), estes bagres, foram significativamente abundantes nas capturas realizadas na costa Norte do país, confirmando a forte presença da família na região, assim como nos trabalhos de DANTAS (2008), BETANCUR (2009), CATTANI *et al.* (2011), MAIA (2016), dentre outros.


Os resultados de desembarque de bagres na região bragantina, evidenciaram a existência de uma pesca multiespecífica e com diferentes combinações de apetrechos, os mesmos resultados corroboram com ISAAC *et al.* (2008), afirmando que a pesca na região é muito significativa e sua dinâmica acompanha uma complexidade de apetrechos e formas de captura.

De acordo com SOARES *et al.* (2009), em um monitoramento realizado pela Petrobras, em cada pescaria realizada no Estado de Salvador cerca de 83 combinações de apetrechos de pesca são utilizados, fato que acaba por gerar efeitos que mascaram a produção pesqueira pela dificuldade de catalogação de dados precisos advindos de cada forma de captura.

Os bagres não são alvos diretos da atividade pesqueira, exceto a Gurijuba, que na região é a única espécie da família que possui uma pesca direcionada, no entanto, na costa do Pará não existe nenhuma portaria ou legislação voltada para a espécie somente para a costa do Amapá - PORTARIA IBAMA N° 73, 9 DE SETEMBRO DE 1996 (IBAMA, 1996), e esta situação, em parte, expõe a vulnerabilidade do sistema devido à lacuna de quaisquer informações bioecológicas sobre as espécies e os impactos populacionais advindos da pesca e também a falta de informações da produção e esforço empregados nas pescarias

Acredita-se que este levantamento, mesmo que parcial, venha elucidar questionamentos que podem ser úteis na tomada de decisões para as pescarias de alguns ariídeos que já mostram sinais de sobrepesca mesmo que sutis (BENTES *et al.*, 2012); e ainda da iminente inclusão de algumas espécies na portaria nº 445 do Ministério do Meio Ambiente publicada em 2014 que apresentou uma extensa lista de espécies cuja pesca é proibida ou em parte controlada. Mesmo que algumas espécies economicamente importantes de bagres como *Sciades parkeri* ainda não façam parte desta lista, parece evidente que a ausência de dados que possam suportar uma legislação específica, fará com que muito em breve a espécie esteja contemplada na referida lista pelo simples motivo de precaução.

Reconhece-se que as capturas de ariídeos são realizadas em áreas costeiras, daí serem capturas por embarcações que realizam viagens curtas e que atuam com uma tripulação de até




5 pescadores em média. Mesmo não tendo sido possível a delimitação de áreas de pesca devido à ausência de informações quanto a localidade, supõem-se que as áreas onde as pescarias são realizadas com armadilhas fixas seriam regiões estuarinas, e aquelas realizadas junto à costa e na plataforma, a predominância é de apetrechos móveis.

O mês de julho foi o mais significativo em número de desembarque e supõe-se, que o alto volume desembarcado seja dado devido ao estreitamento das áreas dos canais considerando a diminuição das chuvas, e assim, otimizaria o efeito da captura que mesmo sem um aumento do esforço se tornaria mais produtiva. Por outro lado, a CPUE diminui grandemente, porém, a julgar que não existem pescarias direcionadas aos Ariídeos, acredita-se que o efeito de uma 'safra' de outra espécie possa estar induzindo este aumento no número de desembarques. ISAAC *et al.* (2008) evidenciam uma safra de pescada gó (*Macrodon ancylodon*) também no mês de julho enfatizando um aumento das capturas especialmente das armadilhas fixas como os currais e zangarias dentro dos estuários. Alguns resultados encontrados a noroeste da Flórida, indicam valores de desembarques elevados para bagres durante os períodos de primavera, verão e início de outono (região com estações bem definidas), sugerindo dessa forma que os períodos de “seca” tendem a revelar maiores desembarques (ARMSTRONG *et al.*, 1996).

ARAÚJO (1988), observou os mesmos padrões supracitados nos meses de abril, maio e junho durante as coletas realizadas no estuário da Lagoa dos Patos – RS. De acordo com MARKLE (1976), a temperatura e salinidade também estão diretamente ligadas aos movimentos sazonais de peixes, visto que muitos usam o estuário para compor parte do seu ciclo de vida.

TAVARES *et al.* (2005), afirma que o litoral do Pará é conhecido pela redução da salinidade de águas costeiras entre os períodos de inverno e verão amazônico, essa é a época onde a vazão dos rios diminui, por consequência a correnteza, aumentando assim os níveis de salinidade, fato esse que influencia na entrada de espécies de água salgada. Segundo VILLASEÑOR (1972) e LARA-DOMINGUEZ *et al.* (1981), integrantes da família Ariidae são altamente influenciados por fatores ambientais, como variação de salinidade. Confirmam tal assertiva em seus trabalhos realizados no Noroeste mexicano e Golfo do México, respectivamente.

Acredita-se que devido as variações sazonais, houve diferença significativa quanto a produção, como por exemplo, a média na estação TCHS (transição chuvoso seco), foi a maior encontrada nas análises. Os mesmos resultados foram relatados nos trabalhos de FERNANDES (2015) para a espécie *Genyatremus luteus* e FRÉDOU *et al.* (2009), onde a Uritinga e a Gurijuba



foram mais abundantes nas pescarias industriais realizadas na região durante os períodos de transição sazonal.

A Gurijuba foi a espécie com maior volume produzido, resultado que corrobora com NOGUEIRA *et al.* (2016), onde a espécie foi a mais desembarcada no porto de Bragança, com uma frota claramente artesanal, entretanto, com maior autonomia e poder de pesca se comparada às demais atuantes na costa. Dessa forma, BENTES *et al.* (2012) e ESPÍRITO-SANTO and ISAAC (2012), definem tais atividades como artesanais de larga escala.

De maneira geral, reconhece-se a importância dos desembarques de ariídeos em todos os estuários da costa Norte do Brasil e, especialmente por serem consideradas espécies com alguma importância econômica, mesmo sem um sistema direcionado, os volumes desembarcados tendem a acompanhar as safras de outras espécies com maior importância econômica.

Pouco se sabe sobre a bioecologia da maioria destas espécies, entretanto reconhece-se que ocorrem em alta biomassa o que por um lado, diminui o efeito deletério das pescarias mais nocivas que ocorrem dentro de estuários e com apetrechos proibidos como as zangarias.

Monitoramentos pesqueiros - de produção e esforço - são extremamente necessários para o acompanhamento destas pescarias, mesmo que muitas sejam consideradas muito artesanais. Este aspecto talvez seja o mais enfático neste argumento pois os ariídeos são consideradas espécies chave no controle populacional de outras espécies e tem sido largamente utilizados como indicador do stress causado por efeitos antrópicos, sejam eles pesqueiros ou não.

CONCLUSÃO

Os desembarques de Ariidae realizados em Bragança são realizados com vários tipos de embarcações, sendo os barcos de pequeno porte e canoas os mais significativos nas pescarias, consideradas muito artesanais e estuarino costeiras. Um monitoramento efetivo é evidente porém ainda pouco considerado nas formas de uso e gestão destes recursos.

REFERÊNCIAS

ARAÚJO, G.F. 1988 Distribuição, abundância relativa e movimentos sazonais de bagres marinhos (Siluriformes, Ariidae) no Estuário da Lagoa dos Patos (Rs), Brasil. *Revista Brasileira de Zoologia* 5 (4): 509- 543.

ARMSTRONG, M.P.; MURPHY, M.D.; MULLER, R.G.; HARSHANY, D.P.; CRABTREE, R.E. 1996 A stock assessment of hardhead catfish, *Arius felis*, and Gafftopsail catfish, *Bagre marinus*, in Florida waters. Florida Department of Environment protection. Florida Marine Research Institute. 82p.

BARTHEM, R. 2006 Preservar para manejar: bases para uma administração pesqueira na Amazônia. *Revista Educação Agrícola Superior*. v.21, n 1.

BENTES, B.S.; ISAAC, V.J.; ESPÍRITO-SANTO, R.V. 2012 Multidisciplinary approach to identification of fishery production systems on the northern coast of Brazil Multidisciplinary approach to identification of fishery production systems on the northern coast of Brazil. *Biota Neotropica*, v. 12, n. 1, p. 81–92.

BETANCUR-R, R. Molecular phylogenetics and evolutionary history of ariid catfishes revisited: a comprehensive sampling. *BMC Evolutionary Biology* 2009 **9**:175.

CATTANI, A.P.; SANTOS, L.O.; SPACH, H.L.; BUDEL, B.R.; GONDIM GUANAIS, J.H.D. 2011 Avaliação da ictiofauna da fauna acompanhante da pesca do camarão sete-barbas do município de Pontal do Paraná, litoral do Paraná, Brasil. *Boletim do Instituto de Pesca* 37(2):247-260.

DANTAS, D.V. 2008 Variação espaço-temporal das espécies da família Ariidae (Siluriformes) no Estuário do Rio Goiana (PE/PB Brasil).

ESPÍRITO SANTO, R.V.; ISAAC, V.J. 2012 Desembarques da pesca de pequena escala no município de Bragança-PA, Brasil: esforço e produção. *Boletim do Laboratório de Hidrobiologia*, 25(1): 31-48.

FERNANDES, S.C.P., BENTES, A.B., PEREIRA, L.D.J.G., NASCIMENTO, M.S., & SILVA, B.B. 2015 Variação temporal da captura comercial do peixe pedra, *Genyatremus luteus*, desembarcado em um pólo pesqueiro da costa norte do Brasil - Península de Ajuruteua - Bragança - PA. *Boletim do Instituto de Pesca*, 41(1): 173-182.

FREIRE, J. L.; MARQUES, C. B.; SILVA, B. B. 2012 Estrutura populacional e biologia reprodutiva do camarão-da-amazônia *Macrobrachium amazonicum* (Heller, 1862) (Decapoda: Palaemonidae) em um estuário da região nordeste do Pará, Brasil. *Brazilian Journal of Aquatic Science and Technology*, v. 16, n. 2, p. 65-76.

FRÉDOU, F.L.; MOURÃO, KEILA.; BARBOSA, C.; ALMEIDA, ORIANA.; RIVERO, SÉRGIO.; THOMPSON, R.; 2009 CARACTERIZAÇÃO DAS PESCARIAS INDUSTRIAIS DA COSTA NORTE DO BRASIL. *Paper do NAEA* 237, 33p.

HAIMOVICI, M.; KLIPPEL, S. 1999 Diagnóstico da Biodiversidade dos Peixes Teleósteos Demersais Marinhos e Estuarinos do Brasil. *PROBIO/Fundação Universidade Federal de Rio Grande*, Rio Grande, 69p.

HUITEMA, B.E. 1980 *The analysis of covariance and alternatives*. New York: John Wiley.

ISAAC, V.J.; BARTHEM, R.B. 1995 Os recursos pesqueiros da Amazônia brasileira. *Boletim do Museu Paraense Emílio Goeldi*, sér. Antropol. 11 (2) 295-339 p.

ISAAC, V.N.; MARTINS, S.A.; HAIMOVICI, M.; ANDRIGUETTO, J.M. 2006 *A pesca marinha e estuarina do Brasil no início do século XXI: recursos, tecnologias, aspectos socioeconômicos e institucionais*. In: ANDRIGUETTO, J.M.; CHAVES, P.T.; SANTOS, C.; LIBERATI, S.A. 2006 *Diagnóstico da pesca no litoral do estado do Paraná*. Editora Universitária da UFPA, Belém, v. 1, p. 117-140.

ISAAC, V.J.; SILVA, C.O.; RUFFINO, M.L. 2008 The artisanal fishery fleet of the lower Amazon. *Fisheries Management and Ecology*, v. 15, n. 3, p. 179-187.

LARA-DOMINGUEZ, A.L.; YANEZ-ARANCIBIA, A.; LINHARES, F.A. 1981 Biología y ecología del bagres *Arius melanopus* Gunther en Laguna de Términos, sur del Golfo de México (pisces: Ariidae). *Anales del Instituto de Ciencias del Mar y Limnología*, 8 (1): 267-304.

MAIA, B.P.; NUNES, Z.M.P.; HOLANDA F.C.A.F.; SILVA, V.H.S.; BENTES, B.S. 2016. Gradiente latitudinal da beta diversidade da fauna acompanhante das pescarias industriais de camarões marinhos da costa Norte do Brasil. *Biota Amazônia*, v.6, n.1.

MPA (2011). Boletim Estatístico de Pesca e Aquicultura. Acesso em 20 outubro de 2015. http://www.mpa.gov.br/images/Docs/Informacoes_e_Estatisticas/

MARKLE, D.F. 1976 The seasonality of availability and movements of fishes in the channel of the York River, Virgínia. *Chesapeake Science* 17:50-55.

NASCIMENTO, R.C.; ASANO-FILHO, M.; SANTOS, F.J.; HOLANDA, F.C.A. 2002 Distribuição e abundância de bagres estuarino-marinhos (Ariidae) na plataforma continental Norte do Brasil (Pará-Amapá). *Boletim técnico científico do CEPNOR*, Belém. v. 2, n 1, p. 129-145.


NOGUEIRA, L.C.; NUNES, Z.M.P.; BENTES, B.S. 2016 Dieta da gurijuba - *Sciades parkeri* - desembarcada pelas pescarias artesanais de larga escala da costa norte do brasil. *Biota Amazônia*, v. 6, n. 1, p. 1-9, 2016.

QUINN, G.; KEOUGH, M. 2002 *Experimental Design and Data Analysis for Biologists*. Cambridge University Press. 557 PG.

SOARES, L.S.H.; SALLES, A.C.R.; LOPEZ, J.P.; MUTO, E.Y.; GIANNINI, R. 2009 *Pesca e produção pesqueira*. In: HATJE, V., and ANDRADE, JB., orgs. *Baía de todos os santos: aspectos oceanográficos* [online]. Salvador: EDUFBA, pp. 158-206. ISBN 978-85-232-0929-2.

SOUZA FILHO, P.W.M.; EL-ROBRINI, M. 1996 Morfologia, Processos de sedimentação e litofácies dos ambientes morfosedimentares da Planície Costeira Bragantina - Nordeste do Pará (Brasil). *Geonomos* 4, 1-16.

SOUZA FILHO, P.W.M. 2005 Costa de Manguezais de Macromaré da Amazônia: Cenários Morfológicos, Mapeamento e Quantificação a partir de dados de sensores remotos. *Revista Brasileira de Geofísica*, 23, 427-435.



STATSOFT, Inc. (2007). Statistica. (Data analysis software system), version 7. Disponível em: www.statsoft.com.

VILLASEÑOR, L.I.G. 1972 *Aspectos biológicos y distribución de algunas espécies del noroeste de México*. 80f (Dissertação de Mestrado).

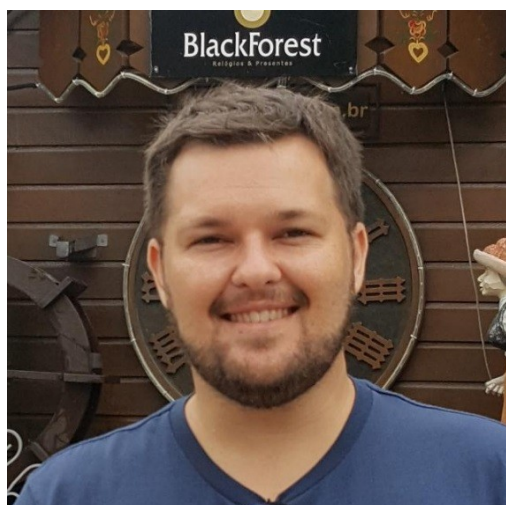
SOBRE OS ORGANIZADORES

MILTON GONÇALVES DA SILVA JÚNIOR

Doutor em Ecologia pela Universidade Federal do Pará. Professor Titular do Centro Universitário Araguaia nos Cursos de Engenharia Ambiental, Engenharia Agrônômica e Engenharia Civil. Membro da Comissão Editorial da Revista Eletrônica de Educação da UniAraguaia – RENEFARA, Professor em regime parcial na UniEvangélica, na Faculdade Evangélica de Jaraguá, nos Cursos de Administração e Engenharia Civil. Líder do grupo de Estudos Interdisciplinares da Faculdade Evangélica de Jaraguá.



FERNANDO ERNESTO UCKER



Doutor em Agronomia pela Universidade Federal de Goiás. Coordenador e professor do Curso de Engenharia Ambiental do Centro Universitário Araguaia e professor Adjunto da Pontifícia Universidade Católica de Goiás para os cursos de Engenharia Civil e Engenharia Ambiental.

www.editorapublicar.com.br
contato@editorapublicar.com.br
@epublicar
facebook.com.br/epublicar

Milton Gonçalves da Silva Júnior
Fernando Ernesto Ucker
(Organizadores)

**GESTÃO,
MONITORAMENTO E
RECUPERAÇÃO DOS RECURSOS NATURAIS:
DO DESENVOLVIMENTO
A SUSTENTABILIDADE**



2020

www.editorapublicar.com.br
contato@editorapublicar.com.br
@epublicar
facebook.com.br/epublicar

Milton Gonçalves da Silva Júnior
Fernando Ernesto Ucker
(Organizadores)

**GESTÃO,
MONITORAMENTO E
RECUPERAÇÃO DOS RECURSOS NATURAIS:**

**DO DESENVOLVIMENTO
A SUSTENTABILIDADE**



2020