

# MEIO AMBIENTE E SUSTENTABILIDADE:

FORMAÇÃO INTERDISCIPLINAR E CONHECIMENTO CIENTÍFICO



**CLEISEANO EMANUEL DA SILVA PANIAGUA**  
(ORGANIZADOR)

**Atena**  
Editora  
Ano 2022

# MEIO AMBIENTE E SUSTENTABILIDADE:

FORMAÇÃO INTERDISCIPLINAR E CONHECIMENTO CIENTÍFICO



**CLEISEANO EMANUEL DA SILVA PANIAGUA**  
(ORGANIZADOR)

**Atena**  
Editora  
Ano 2022

**Editora chefe**

Profª Drª Antonella Carvalho de Oliveira

**Editora executiva**

Natalia Oliveira

**Assistente editorial**

Flávia Roberta Barão

**Bibliotecária**

Janaina Ramos

**Projeto gráfico**

Bruno Oliveira

Camila Alves de Cremo

Luiza Alves Batista

Natália Sandrini de Azevedo

**Imagens da capa**

iStock

**Edição de arte**

Luiza Alves Batista

2022 by Atena Editora

Copyright © Atena Editora

Copyright do texto © 2022 Os autores

Copyright da edição © 2022 Atena

Editora

Direitos para esta edição cedidos à Atena Editora pelos autores.

Open access publication by Atena

Editora



Todo o conteúdo deste livro está licenciado sob uma Licença de Atribuição *Creative Commons*. Atribuição-Não-Comercial-NãoDerivativos 4.0 Internacional (CC BY-NC-ND 4.0).

O conteúdo dos artigos e seus dados em sua forma, correção e confiabilidade são de responsabilidade exclusiva dos autores, inclusive não representam necessariamente a posição oficial da Atena Editora. Permitido o *download* da obra e o compartilhamento desde que sejam atribuídos créditos aos autores, mas sem a possibilidade de alterá-la de nenhuma forma ou utilizá-la para fins comerciais.

Todos os manuscritos foram previamente submetidos à avaliação cega pelos pares, membros do Conselho Editorial desta Editora, tendo sido aprovados para a publicação com base em critérios de neutralidade e imparcialidade acadêmica.

A Atena Editora é comprometida em garantir a integridade editorial em todas as etapas do processo de publicação, evitando plágio, dados ou resultados fraudulentos e impedindo que interesses financeiros comprometam os padrões éticos da publicação. Situações suspeitas de má conduta científica serão investigadas sob o mais alto padrão de rigor acadêmico e ético.

**Conselho Editorial****Ciências Agrárias e Multidisciplinar**

Prof. Dr. Alexandre Igor Azevedo Pereira – Instituto Federal Goiano

Profª Drª Amanda Vasconcelos Guimarães – Universidade Federal de Lavras

Profª Drª Andrezza Miguel da Silva – Universidade do Estado de Mato Grosso

Prof. Dr. Arinaldo Pereira da Silva – Universidade Federal do Sul e Sudeste do Pará

Prof. Dr. Antonio Pasqualetto – Pontifícia Universidade Católica de Goiás

Profª Drª Carla Cristina Bauermann Brasil – Universidade Federal de Santa Maria

Prof. Dr. Cleberton Correia Santos – Universidade Federal da Grande Dourados  
Prof<sup>o</sup> Dr<sup>o</sup> Diocléa Almeida Seabra Silva – Universidade Federal Rural da Amazônia  
Prof. Dr. Écio Souza Diniz – Universidade Federal de Viçosa  
Prof. Dr. Edevaldo de Castro Monteiro – Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro  
Prof. Dr. Fábio Steiner – Universidade Estadual de Mato Grosso do Sul  
Prof. Dr. Fágner Cavalcante Patrocínio dos Santos – Universidade Federal do Ceará  
Prof<sup>o</sup> Dr<sup>o</sup> Girlene Santos de Souza – Universidade Federal do Recôncavo da Bahia  
Prof. Dr. Guilherme Renato Gomes – Universidade Norte do Paraná  
Prof. Dr. Jael Soares Batista – Universidade Federal Rural do Semi-Árido  
Prof. Dr. Jayme Augusto Peres – Universidade Estadual do Centro-Oeste  
Prof. Dr. Júlio César Ribeiro – Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro  
Prof<sup>o</sup> Dr<sup>o</sup> Lina Raquel Santos Araújo – Universidade Estadual do Ceará  
Prof. Dr. Pedro Manuel Villa – Universidade Federal de Viçosa  
Prof<sup>o</sup> Dr<sup>o</sup> Raissa Rachel Salustriano da Silva Matos – Universidade Federal do Maranhão  
Prof. Dr. Renato Jaqueto Goes – Universidade Federal de Goiás  
Prof. Dr. Ronilson Freitas de Souza – Universidade do Estado do Pará  
Prof<sup>o</sup> Dr<sup>o</sup> Talita de Santos Matos – Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro  
Prof. Dr. Tiago da Silva Teófilo – Universidade Federal Rural do Semi-Árido  
Prof. Dr. Valdemar Antonio Paffaro Junior – Universidade Federal de Alfenas

## Meio ambiente e sustentabilidade: formação interdisciplinar e conhecimento científico 2

**Diagramação:** Camila Alves de Cremo  
**Correção:** Soellen de Britto  
**Indexação:** Amanda Kelly da Costa Veiga  
**Revisão:** Os autores  
**Organizador:** Cleiseano Emanuel da Silva Paniagua

### Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP)

M514 Meio ambiente e sustentabilidade: formação interdisciplinar e conhecimento científico 2 / Organizador Cleiseano Emanuel da Silva Paniagua. – Ponta Grossa - PR: Atena, 2022.

Formato: PDF

Requisitos de sistema: Adobe Acrobat Reader

Modo de acesso: World Wide Web

Inclui bibliografia

ISBN 978-65-258-0724-9

DOI: <https://doi.org/10.22533/at.ed.249221011>

1. Sustentabilidade e meio ambiente. I. Paniagua, Cleiseano Emanuel da Silva (Organizador). II. Título.

CDD 363.7

Elaborado por Bibliotecária Janaina Ramos – CRB-8/9166

**Atena Editora**  
Ponta Grossa – Paraná – Brasil  
Telefone: +55 (42) 3323-5493  
[www.atenaeditora.com.br](http://www.atenaeditora.com.br)  
[contato@atenaeditora.com.br](mailto:contato@atenaeditora.com.br)

## DECLARAÇÃO DOS AUTORES

Os autores desta obra: 1. Atestam não possuir qualquer interesse comercial que constitua um conflito de interesses em relação ao artigo científico publicado; 2. Declaram que participaram ativamente da construção dos respectivos manuscritos, preferencialmente na: a) Concepção do estudo, e/ou aquisição de dados, e/ou análise e interpretação de dados; b) Elaboração do artigo ou revisão com vistas a tornar o material intelectualmente relevante; c) Aprovação final do manuscrito para submissão.; 3. Certificam que os artigos científicos publicados estão completamente isentos de dados e/ou resultados fraudulentos; 4. Confirmam a citação e a referência correta de todos os dados e de interpretações de dados de outras pesquisas; 5. Reconhecem terem informado todas as fontes de financiamento recebidas para a consecução da pesquisa; 6. Autorizam a edição da obra, que incluem os registros de ficha catalográfica, ISBN, DOI e demais indexadores, projeto visual e criação de capa, diagramação de miolo, assim como lançamento e divulgação da mesma conforme critérios da Atena Editora.

## DECLARAÇÃO DA EDITORA

A Atena Editora declara, para os devidos fins de direito, que: 1. A presente publicação constitui apenas transferência temporária dos direitos autorais, direito sobre a publicação, inclusive não constitui responsabilidade solidária na criação dos manuscritos publicados, nos termos previstos na Lei sobre direitos autorais (Lei 9610/98), no art. 184 do Código Penal e no art. 927 do Código Civil; 2. Autoriza e incentiva os autores a assinarem contratos com repositórios institucionais, com fins exclusivos de divulgação da obra, desde que com o devido reconhecimento de autoria e edição e sem qualquer finalidade comercial; 3. Todos os e-book são *open access*, *desta forma* não os comercializa em seu site, sites parceiros, plataformas de *e-commerce*, ou qualquer outro meio virtual ou físico, portanto, está isenta de repasses de direitos autorais aos autores; 4. Todos os membros do conselho editorial são doutores e vinculados a instituições de ensino superior públicas, conforme recomendação da CAPES para obtenção do Qualis livro; 5. Não cede, comercializa ou autoriza a utilização dos nomes e e-mails dos autores, bem como nenhum outro dado dos mesmos, para qualquer finalidade que não o escopo da divulgação desta obra.

O e-book: “Meio ambiente e sustentabilidade: Formação interdisciplinar e conhecimento científico 2” é constituído por treze capítulos de livro, divididos em três áreas distintas: *i)* formação, conscientização e práticas em Educação Ambiental; *ii)* gestão de resíduos sólidos e logística reversa e *iii)* desenvolvimento de ações para um ambiente mais sustentável.

O primeiro tema é constituído por quatro capítulos de livros que propuseram trabalhar tanto a importância da formação/conscientização para uma educação ambiental mais efetiva para todas as pessoas em especial alunos de uma instituição pública federal de ensino e consumidores que utilizam sacolas plásticas, quanto o desenvolvimento de ações e ferramentas a fim de promover uma educação ambiental capaz de chegar a pessoas de diferentes classes sociais por intermédio do ensino formal ou não-formal capaz de estimular a conscientização em relação à interação homem-meio ambiente.

Os capítulos de 5 a 8 apresentam trabalhos que procuraram avaliar: *i)* projetos de gestão de resíduos na Baixada Santista; *ii)* a importância da gestão e implementação de práticas mais sustentáveis para o desenvolvimento da apicultura em comunidades rurais localizadas no estado do Ceará; *iii)* implementação de programa de gestão e gerenciamento de resíduos provenientes da indústria madeireira e; *iv)* a importância da logística reversa de produtos que possuem metais pesados em sua composição.

Por fim, os cinco últimos capítulos apresentam trabalhos que reforçam a importância do desenvolvimento de ações que proporcionem menor impacto ambiental aos diferentes ecossistemas, entre os quais: *i)* a redução do calor em centros urbanos, a partir da implementação de áreas verdes; *ii)* presença de metais em águas residuárias lançadas no mar; *iii)* aplicação de biossorbente na remoção de alumínio em águas para fins potáveis e; *iv)* estudo de detecção de cafeína e degradação de metabolitos presentes no rio Meia Ponte em Goiás.

Nesta perspectiva, a Atena Editora vem trabalhando de forma a estimular e incentivar cada vez mais pesquisadores do Brasil e de outros países a publicarem seus trabalhos com garantia de qualidade e excelência em forma de livros, capítulos de livros e artigos científicos.

Cleiseano Emanuel da Silva Paniagua

**CAPÍTULO 1 ..... 1**

PERCEPÇÃO SOBRE A UTILIZAÇÃO DE MATERIAIS PLÁSTICOS  
DESCARTÁVEIS POR ALUNOS DE UMA INSTITUIÇÃO PÚBLICA FEDERAL  
DE ENSINO

Alexandre da Silva  
Gabriella Gontijo Lopes Ferreira  
Luísa Oliveira De Sousa  
Valéria Cristina Palmeira Zago  
Elizabeth Regina Halfeld da Costa

 <https://doi.org/10.22533/at.ed.2492210111>

**CAPÍTULO 2 ..... 8**

AÇÕES E FERRAMENTAS PARA O ENSINO E DEMOCRATIZAÇÃO DA  
EDUCAÇÃO AMBIENTAL

Lucas de Souza  
Claudia Guimarães Camargo Campos  
Daiana Petry Rufato  
Andressa Ellen Bastos

 <https://doi.org/10.22533/at.ed.2492210112>

**CAPÍTULO 3 ..... 21**

A PERCEPÇÃO DO CONSUMIDOR SOBRE A UTILIZAÇÃO DE SACOLAS  
PLÁSTICAS NA CIDADE DE MANAUS-AM

Clara Francy da Costa Backsmann  
Stacy Ana da Silva  
Fabrício Nunes de Freitas  
Ariadne Freitas da Silva  
Larissa Inácio Soares de Oliveira  
Antonio Emerson Fernandes da Silva  
Katarine Farias de Souza  
Janaína da Silva Mariano  
Gabriele Lorrane Santos Silva  
Pedro Henrique Farias Vianna  
Celino Juvêncio Ribeiro Pereira Junior  
Francinéia de Araújo Duarte

 <https://doi.org/10.22533/at.ed.2492210113>

**CAPÍTULO 4 .....32**

PRÁTICAS DE EDUCAÇÃO AMBIENTAL NÃO-FORMAL PARA O  
GERENCIAMENTO DE RESÍDUOS SÓLIDOS: ESTUDO DE CASO NO  
MUNICÍPIO DE SÃO LOURENÇO DO SUL – RS

Michele Barros de Deus Chuquel da Silva  
Juliana Araújo Pereira  
Bianca Rocha Martins  
Valter Antonio Becegato

 <https://doi.org/10.22533/at.ed.2492210114>

**CAPÍTULO 5 .....44**

ESTUDO COMPARATIVO DO IMPACTO AMBIENTAL DOS PROJETOS DE GESTÃO DE RESÍDUOS DE RESÍDUOS SÓLIDOS URBANOS, NO CONTEXTO BAIXADA SANTISTA

Bruno Eduardo Baptista Rodrigues Torres

Luis Gustavo Bet

 <https://doi.org/10.22533/at.ed.2492210115>

**CAPÍTULO 6 .....56**

GESTÃO E SUSTENTABILIDADE DO SEGMENTO APÍCOLA EM COMUNIDADES RURAIS DO CEARÁ

Jose Edivaldo Rodrigues dos Santos

Daniel Paiva Mendes

Sérgio Horta Mattos

 <https://doi.org/10.22533/at.ed.2492210116>

**CAPÍTULO 7 .....72**

O SETOR MADEIREIRO E A IMPORTÂNCIA DA GESTÃO DOS RESÍDUOS

Cassiano dos Reis Oliveira

Jaqueline Morbach

Ketrin Muterle

Letícia de Vargas Terres

Lucas Augusto Nitz

Valesca Costantin

Suzana Frighetto Ferrarini

Ana Carolina Tramontina

Daniela Mueller de Lara

 <https://doi.org/10.22533/at.ed.2492210117>

**CAPÍTULO 8 .....85**

LOGÍSTICA REVERSA DE PRODUTOS PÓS CONSUMO CONTENDO METAIS PESADOS: UM ESTUDO DO ESTADO DO RIO GRANDE DO SUL, BRASIL

Jeferson Luis da Silva Rosa

Karin Buss Dias Bernardo

Marco Antônio Trisch Mendonça

Rafael Fernandes

Rita de Cássia dos Santos Silveira

Thais Fantinel Malta

Suzana Frighetto Ferrarini

Ana Carolina Tramontina

Daniela Mueller de Lara

 <https://doi.org/10.22533/at.ed.2492210118>

**CAPÍTULO 9 .....98**

LATITUDINAL TRENDS IN FOLIAR OILS OF *Hyptis suaveolens*

Tatiane Martins Lobo

Raquel Ferreira dos Santos

Elaine Rose Maia  
Pedro Henrique Ferri

 <https://doi.org/10.22533/at.ed.2492210119>

**CAPÍTULO 10..... 107**

CLIMA URBANO E VEGETAÇÃO: O PAPEL DE UMA ÁREA DE MATA NA  
FORMAÇÃO DE UMA ILHA FRIA EM UMA ÁREA URBANA

Gilson Campos Ferreira da Cruz

 <https://doi.org/10.22533/at.ed.24922101110>

**CAPÍTULO 11 ..... 127**

PERFIL METÁLICO EM ÁGUAS RESIDUÁRIAS PROVENIENTE DE SISTEMAS  
DE DRENAGEM COM DESPEJO NO MAR

Andreia Borges de Oliveira

Fernanda Engel

 <https://doi.org/10.22533/at.ed.24922101111>

**CAPÍTULO 12..... 148**

AVALIAÇÃO DA REMOÇÃO DE ALUMÍNIO DE ÁGUA UTILIZANDO  
ADSORVENTE PRODUZIDO A PARTIR DE FOLHAS DE *PERSEA AMERICANA*  
*MILL*

Fabiola Tomassoni

Cristiane Lisboa Giroletti

Maria Eliza Nagel-Hassemer

 <https://doi.org/10.22533/at.ed.24922101112>

**CAPÍTULO 13..... 157**

DETECTION OF CAFFEINE, ITS HUMAN METABOLITES, DEGRADATION  
PRODUCTS; AND TIBOLONE IN THE MEIA PONTE RIVER, BRAZIL

Kátia Maria de Souza

Paulo de Tarso Ferreira Sales

Mariângela Fontes Santiago

Sérgio Botelho de Oliveira

Fernando Schimidt

Rivanda da Costa Ferreira

 <https://doi.org/10.22533/at.ed.24922101113>

**SOBRE O ORGANIZADOR..... 169**

**ÍNDICE REMISSIVO..... 170**

## PERCEPÇÃO SOBRE A UTILIZAÇÃO DE MATERIAIS PLÁSTICOS DESCARTÁVEIS POR ALUNOS DE UMA INSTITUIÇÃO PÚBLICA FEDERAL DE ENSINO

*Data de aceite: 01/11/2022*

**Alexandre da Silva**

Centro Federal de Educação Tecnológica  
de Minas Gerais

**Gabriella Gontijo Lopes Ferreira**

Centro Federal de Educação Tecnológica  
de Minas Gerais

**Luísa Oliveira De Sousa**

Centro Federal de Educação Tecnológica  
de Minas Gerais

**Valéria Cristina Palmeira Zago**

Centro Federal de Educação Tecnológica  
de Minas Gerais

**Elizabeth Regina Halfeld da Costa**

Centro Federal de Educação Tecnológica  
de Minas Gerais

**RESUMO:** O atual modelo econômico incentiva um elevado consumo, ocasionando um descarte excessivo e de forma imediata dos produtos descartáveis plásticos, devido à pouca durabilidade destes. Esse aumento na geração de resíduos acarreta em impactos negativos no meio ambiente, causando a morte de espécies da vida marinha, elevando a disposição inadequada em lixões, obstruindo sarjetas e bueiros.

Logo, essa utilização excessiva provoca de forma geral poluição do ar, do solo e da água. Devido à relevância desse assunto e sua dependência da forma com que a sociedade percebe esse produto, é de suma importância que mais pesquisas sejam desenvolvidas na área, tendo em vista a escassez dessas produções científicas relacionadas ao tema em questão. Diante disso, o presente trabalho tem o objetivo de descrever a percepção ambiental de estudantes do CEFET-MG, acerca da utilização de materiais descartáveis plásticos. Para isso, foram aplicados questionários aos alunos da instituição. Com base nos resultados obtidos por meio do questionário, foi observado que uma parcela significativa dos estudantes conhece os impactos gerados por esses materiais no meio ambiente e as alternativas que podem substituí-los. No entanto, a prática dessas alternativas apresentou aderência equilibrada. Em relação à separação do lixo reciclável e não reciclável, essa prática é influenciada pelo acesso à coleta seletiva, embora uma quantidade relevante de pessoas possui acesso e ainda assim não realiza a separação.

**PALAVRAS-CHAVE:** Resíduo; Plástico; Descartável; Meio Ambiente; Percepção

**ABSTRACT:** The current economic model encourages high consumption, causing an excessive and immediate disposal of disposable plastic products, due to their low durability. This increase in waste generation leads to negative impacts on the environment, causing the death of marine life species, increasing inadequate disposal in dumps, clogging gutters and culverts. Therefore, this excessive use generally causes air, soil and water pollution. Due to the relevance of this subject and its dependence on the way society perceives this product, it is extremely important that more research be carried out in the area, in view of the scarcity of scientific productions related to the topic in question. Therefore, the present work aims to describe the environmental perception of CEFET-MG students about the use of plastic disposable materials. For this, questionnaires were applied to the students of the institution. Based on the results obtained through the questionnaire, it was observed that a significant portion of the students knows the impacts generated by these materials on the environment and the alternatives that can replace them. However, the practice of these alternatives showed balanced adherence. Regarding the separation of recyclable and non-recyclable waste, this practice is influenced by access to selective collection, although a relevant number of people have access and still do not perform the separation.

**KEYWORDS:** Waste; Plastic; Disposable; Environment; Perception.

## INTRODUÇÃO

A criação do plástico trouxe inúmeras facilidades à vida moderna, porém, o seu descarte inadequado tornou-se um enorme problema ambiental do século XIX. Desde 1950, foram produzidos 8,9 bilhões de toneladas de plásticos, sendo que 6,3 bilhões foram descartados, ou seja, 71% deste total (FAPESP, 2022). Cada brasileiro gera, em média, um quilo de lixo plástico por semana. A maior parte dos resíduos plásticos gerados no Brasil, isto é 10,3 milhões de toneladas ou 91% do total, é coletada pelo serviço de limpeza urbana, mas somente 145 mil toneladas, equivalente a 1,28%, foram encaminhadas para reciclagem. Esse é um dos menores índices do mundo e bem abaixo da média global, de 9% (WWF, 2019). Já em 2021, o Brasil só conseguiu recuperar cerca de 76 mil toneladas de resíduos plásticos recicláveis (ABRELPE, 2021).

Segundo Molinari (2017), o atual modelo econômico estimula a aquisição de diferentes produtos plásticos que possuem durabilidade reduzida, o que proporciona um descarte de forma imediata, elevando a geração de resíduos. Produtos plásticos do uso único, como aqueles com a vida útil efêmera, são a maior preocupação dos ambientalistas, por serem descartados imediatamente após a sua utilização. Entre 35% e 40% da produção atual é composta por esse tipo de material, nos quais se incluem copos, sacolas, canudos, embalagens e talheres descartáveis. Os demais são produtos de longa duração, com uma gama diversificada de itens que vai de celulares a peças automotivas, de tubulações para água e esgoto a equipamentos médicos e de informática (VASCONCELOS, 2022).

Atualmente, a produção de pratos, copos e talheres de plástico alcançou maior evidência devido aos problemas que a disposição inadequada desses resíduos acarreta no ecossistema marinho. Em levantamento recente, o Projeto Lixo Fora d'Água constatou que aproximadamente 80% dos resíduos sólidos que vão para os corpos hídricos no Brasil é composto por plásticos, e estima que cerca de 690 mil toneladas de resíduos plásticos tenham como destino os corpos hídricos, todos os anos no Brasil. Ademais, o país ainda dispõe, de forma inadequada, aproximadamente, 40 % de todos resíduos gerados, ou seja, tais resíduos são depositados nos lixões à céu aberto (ABRELPE, 2021). Agregado a isto, a gestão inadequada dos resíduos plásticos se tornou um problema de saúde pública. A cada ano, seres humanos ingerem cada vez mais nanoplásticos a partir de seus alimentos e da água potável, e seus efeitos totais ainda são desconhecidos (WWF, 2019).

Recentemente, o projeto de lei PLS 92/2018 foi aprovado no Senado Federal do Brasil, prevendo a retirada gradual do plástico da composição dos descartáveis, que serão substituídos por materiais biodegradáveis. Como justificativa, foram apontados os impactos gerados desde a extração da matéria-prima do plástico até o seu descarte inadequado.

Além disso, o uso de materiais que podem ser reutilizados é uma alternativa a ser considerada para substituir esses produtos descartáveis. A reciclagem e a logística reversa constituem ferramentas essenciais para uma redução na destinação inadequada dos resíduos, se houver incentivo e conscientização/sensibilização da sociedade de modo a que se comprometa em colaborar com esses processos, os resíduos podem retornar a cadeia produtiva e assim diminuir os danos gerados ao meio ambiente.

Os estudos de percepção ambiental são importantes uma vez que é por meio destes que se toma a consciência do mundo, relacionando a aprendizagem e sensibilização envolvida nos processos de educação ambiental. Os comportamentos humanos derivam de suas percepções do mundo, cada um reagindo de acordo com suas concepções e relações com o meio, dependendo de suas representações anteriores, desenvolvidas durante toda a vida (MENGHINI, 2005).

## OBJETIVOS

Descrever a percepção ambiental dos acadêmicos de uma instituição pública federal de ensino, acerca da utilização de materiais plásticos descartáveis.

## METODOLOGIA

A pesquisa foi feita com alunos do ensino médio, técnico e superior de uma instituição pública federal de ensino. Foi elaborado um formulário online, utilizando a plataforma Google Forms, o qual ficou disponível nas redes sociais da instituição. O modelo adotado para construção do formulário foi o de perguntas abertas. O cálculo amostral foi feito de acordo com a equação 1.

$$n = \frac{N \cdot Z^2 \cdot p \cdot (1 - p)}{Z^2 \cdot p \cdot (1 - p) + e^2 \cdot (N - 1)} \quad (1)$$

Na qual:

n - amostra calculada; N – população; Z - variável normal padronizada associada ao nível de confiança; p - verdadeira probabilidade do evento; e - erro amostral

Utilizou-se um erro amostral de 10,8% e um nível de confiança de 95%. Foi obtido um valor amostral de oitenta e duas (82) pessoas. Para a análise dos dados, utilizou-se estatística descritiva.

## RESULTADOS

Observou-se que 60,5% dos respondentes afirmaram que não realizam a separação do lixo reciclável em suas residências. Enquanto que 56 % dos respondentes também não fazem a reciclagem e/ou a reutilização dos materiais descartáveis plásticos, embora 98 % concordam que esses materiais poluem o meio ambiente. Contraditoriamente, 91,5% dos respondentes afirmam que conhecem os impactos ambientais negativos no solo e nos oceanos. Os impactos mencionados com mais frequência foram a poluição da água e do solo e a morte de animais marinhos, como a tartaruga, por exemplo.

A maioria das pessoas não possui a coleta seletiva no bairro. Porém mesmo entre aqueles que possuem a coleta seletiva em seus bairros, cerca de 42% ainda não realizam a separação dos resíduos gerados. Segundo relatório da Abrelpe (2021), publicado em 2020, em torno de 74,4% do total de municípios do país possuem alguma iniciativa de coleta seletiva. Entretanto, é importante destacar que, em muitos municípios, as atividades de coleta seletiva não abrangem a totalidade da população, podendo ser iniciativas pontuais.

Quando os alunos foram abordados sobre a utilização de garrafas não descartáveis, o comportamento foi mais positivo em que 67,1% das pessoas disseram que trazem a própria garrafa de casa para o ambiente do trabalho e estudo (Figura 1). A maioria explica que a escolha por garrafas não-descartáveis visava à economia e à preocupação ambiental.

Você utiliza garrafa de água (não descartável) ou compra garrafa de água mineral?

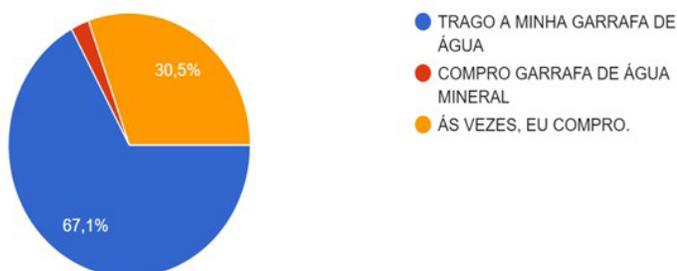


Figura 1: Percentagem de utilização de garrafa não descartável

Outras questões levantadas sobre a utilização de materiais descartáveis indicaram

que uma parcela relevante dos alunos não faz o uso de copos descartáveis diariamente e nem sempre utilizam canudinhos quando estão disponíveis (Figura 2). A que se destacar que, nos refeitórios universitários da instituição, não são distribuídos copos plásticos, durante às refeições. Observou-se também uma correlação altamente positiva entre aqueles que discordaram que os materiais descartáveis plásticos poluem o meio ambiente e que fazem o uso de canudinhos, sempre que os mesmos estão disponíveis. Tal fato denota uma falta de conhecimento sobre o assunto, resultando em um consumo não consciente, embora estes respondentes representem apenas 2,4% da amostra. Já dentre àqueles que concordam que os plásticos descartáveis poluem o meio ambiente, 31,6% ainda fazem o uso de canudinhos e 68,7% não fazem esse uso, reforçando que o conhecimento sobre o impacto pode gerar mudança no comportamento das pessoas.

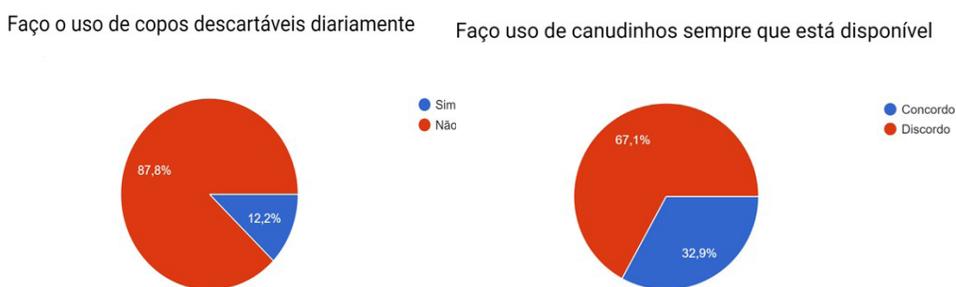


Figura 2: Percentagem de uso de copos e canudinhos plásticos descartáveis

Para testar o conhecimento dos alunos, perguntou-se sobre o seu conhecimento a respeito da existência de alternativas à utilização de descartáveis. Observou-se que 62% responderam que conhecem alguma alternativa, porém 38% ainda não conhecem tais alternativas, indicando que mais informações precisam ser divulgadas sobre a existência dessas alternativas, bem como incentivadas pelas organizações públicas e privadas. A instituição em questão não possui um Programa de Educação Ambiental permanente. No entanto, graças aos esforços de alguns docentes, discentes do curso de Engenharia Ambiental e Sanitária e servidores, ocorrem eventualmente, alguma iniciativa de conscientização, especialmente em relação à gestão de resíduos sólidos.

Segundo Siqueira (2002), embora as instituições de ensino superior sejam responsáveis, além da produção do saber crítico, pela mobilização dos indivíduos em defesa do ambiente e pela sustentação de uma articulação dos movimentos ambientalistas, é fraca sua atuação nesse sentido. Já Granzotto e Pretto (2012) reiteram que as instituições do ensino possuem papel fundamental para a sensibilização da comunidade acadêmica, pois proporcionam conhecimentos e tecnologias, aprofundando o senso crítico dos acadêmicos, que exercem influências nas comunidades em que atuam por meio das ações sociais. Por meio da educação, as universidades contribuem na qualificação de seus egressos e futuros tomadores de decisão (TAUCHEN; BRANDLI, 2006).

Um exemplo positivo para a sensibilização quanto à redução do consumo de

plásticos, é o projeto “Canecas” da UFSCar. Trata-se da distribuição de canecas às (aos) calouras (os) e novas (os) integrantes da comunidade acadêmica em todos os campi da instituição e possui dois objetivos: o primeiro corresponde à redução na utilização e, conseqüentemente, à diminuição da produção de resíduos de copos descartáveis pelo restaurante universitário da UFSCar; o segundo é o estímulo da reflexão acerca das práticas de consumo pessoais dos envolvidos. É realizado todos os anos pelo Departamento de Apoio à Educação Ambiental (DeAEA), com apoio das Pró-Reitorias de Assuntos Comunitários e Estudantis (ProACE) e de Extensão (ProEx), sendo a ProACE responsável pela compra das canecas. Programas de coleta seletiva, como o da Universidade Tecnológica Federal do Paraná (UTFPR) e da Universidade de São Paulo (USP), também são exemplos de responsabilidade compartilhada na gestão de resíduos sólidos ((FLAMINI, 2019).

Segundo Souza et al (2012), a reciclagem e a logística reversa constituem ferramentas essenciais para redução na destinação inadequada dos resíduos, se houver incentivo e conscientização da sociedade de modo que se comprometa a colaborar com esses processos, os resíduos podem retornar a cadeia produtiva e assim diminuir os danos gerados e a extração da matéria-prima no meio ambiente. Para tanto, a coleta seletiva deve ocorrer amplamente e, em especial, nas instituições públicas. O Decreto Federal nº5.940, que entrou em vigor no dia 25 de outubro de 2006 (BRASIL, 2006), instituiu a separação e a destinação dos resíduos recicláveis gerados pelos órgãos e entidades da administração pública federal direta ou indiretamente, às associações e cooperativas de catadores. Em 2010, é instituída a Política Nacional de Resíduos Sólidos, que dispõe 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.

## CONCLUSÕES

Uma parcela expressiva dos estudantes respondentes afirmou que conhece os impactos gerados pelos materiais descartáveis plásticos e alternativas que podem substituir esse uso. Há uma adesão significativa pela substituição das garrafas plásticas descartáveis por outros modelos não descartáveis que evitam o uso de copos e canudos plásticos descartáveis. Já em relação à separação do lixo reciclável e não reciclável em suas residências, provavelmente, o hábito de separação de resíduos é influenciado pelo acesso aos serviços públicos coleta seletiva.

Recomenda-se que a instituição de ensino reforce às ações de conscientização/sensibilização sobre a gestão sustentável dos resíduos, com ênfase em campanhas permanentes para a comunidade acadêmica e também dentro dos conteúdos curriculares.

## REFERÊNCIAS

1. ABRELPE. **Panorama dos resíduos sólidos no Brasil**. 2021 Disponível em: <https://abrelpe.org.br/panorama/> Acesso em: 05 abr 2022

2. BRASIL. **Decreto nº 5.940**, de 25 de outubro de 2006. Institui a separação dos resíduos recicláveis descartados pelos órgãos e entidades da administração pública federal direta e indireta, na fonte geradora, e a sua destinação às associações e cooperativas dos catadores de materiais recicláveis, e dá outras providências. Diário Oficial da União: seção1, Brasília, DF, 26 out. 2006.
3. BRASIL. **Lei nº12.305**, de 02 de agosto de 2010. Institui a Política Nacional de Resíduos Sólidos; altera a Lei nº 9.605, de 12 de fevereiro de 1998; e dá outras providências. Diário Oficial da União: seção 1, Brasília, DF, 3 ago. 2010.
4. FLAMINI, S. H. Percepção socioambiental: O Projeto Canecas e O Programa de Coleta Seletiva Solidária da Universidade Federal de São Carlos. **Pesquisa em Educação Ambiental**, v. 14, n. 1, p. 111-131, 2019.
5. GRANZOTTO, M. M.; PRETTO, V. A cultura da sustentabilidade: entre fazeres e saberes. In: JORNADA NACIONAL DA EDUCAÇÃO, 16., 2012, Santa Maria. **Anais [...]**. Santa Maria: Unifra, 2012. p. 1-7. Disponível em: <https://bit.ly/33DH4MN>. Acesso em: 16 mar. 2022.
6. MENGHINI, F.B. **As trilhas interpretativas como recurso pedagógico**. Dissertação (Mestrado) – Universidade do Vale do Itajaí, 2005.
7. MOLINARI, D. R. **Entre o luxo e o lixo**: desafios da sociedade de consumo na gestão dos resíduos sólidos. 2017.
8. PROJETO DE LEI. **Projeto de Lei n. 92/2018**. Dispõe sobre a obrigatoriedade da utilização de materiais biodegradáveis na composição de utensílios descartáveis destinados ao acondicionamento e ao manejo de alimentos prontos para o consumo. Disponível em: <https://www25.senado.leg.br/web/atividade/materias/-/materia/132457> Acesso em 22 mar 2022.
9. SIQUEIRA, L. C. **Produção de resíduos no restaurante universitário**: diagnósticos para ações de educação ambiental no programa Agenda 21 da Universidade de Brasília. 2002. 128f. Dissertação (Mestrado em Ecologia)–Universidade de Brasília, Brasília, DF, 2002.
10. SOUZA, M. T. S.; PAULA, M. B.; SOUZA-PINTO, H. O papel das cooperativas de reciclagem nos canais reversos pós-consumo. **Revista de Administração de Empresas**, v. 52, n. 2, p. 246-262, 2012.
11. TAUCHEN, J.; BRANDLI, L. L. A gestão ambiental em instituições de ensino superior: modelo paraimplantação em campus universitário. **Gestão & Produção**, São Carlos, v. 13, n. 3, p. 503-515, 2006. Disponível em: <https://bit.ly/2BjSGZk>. Acesso em: 10 out. 2016.
12. UNIVERSIDADE DE SÃO CARLOS. **Projetos**. Disponível em < <https://www.sgas.ufscar.br/deaea/projetos>>. Acesso em 15/04/2022.
13. VASCONCELOS, Y. **Planeta Plástico**. In: Pesquisa Fapesp. Edição 281, jul. 2019. Disponível em: <https://revistapesquisa.fapesp.br/planeta-plastico/#:~:text=Produtos%20pl%C3%A1sticos%20de%20uso%20%C3%BAnico,canudos%2C%20embalagens%20e%20talheres%20descart%C3%A1veis>. Acesso em: 05 abr 2022
14. WWF. **Solucionar a Poluição Plástica**: Transparência e Responsabilização. Disponível em: <https://www.wwf.org.br/?70222/Brasil-e-o-4-pais-do-mundo-que-mais-gera-lixo-plastico> Acesso em: 05 abr 2022

## CAPÍTULO 2

# AÇÕES E FERRAMENTAS PARA O ENSINO E DEMOCRATIZAÇÃO DA EDUCAÇÃO AMBIENTAL

---

*Data de submissão: 16/09/2022*

*Data de aceite: 01/11/2022*

### **Lucas de Souza**

Universidade do Estado de Santa Catarina  
- Udesc  
Centro de Ciências Agroveterinárias /  
Lages - SC  
Técnico Administrativo em Educação,  
Instituto Federal Catarinense - Campus  
Avançado Abelardo Luz  
<http://lattes.cnpq.br/7798825058656002>

### **Claudia Guimarães Camargo Campos**

Universidade do Estado de Santa Catarina  
- Udesc  
Centro de Ciências Agroveterinárias /  
Lages - SC  
<http://lattes.cnpq.br/5534448411954586>

### **Daiana Petry Rufato**

Universidade do Estado de Santa Catarina  
- Udesc  
Centro de Ciências Agroveterinárias /  
Lages – SC  
<http://lattes.cnpq.br/4425210317650840>

### **Andressa Ellen Bastos**

Universidade do Estado de Santa Catarina  
- Udesc  
Centro de Ciências Agroveterinárias /  
Lages - SC  
<http://lattes.cnpq.br/6289141088908868>

**RESUMO:** A Educação Ambiental compreende todos os processos por meio dos quais o indivíduo e a coletividade constroem valores sociais, conhecimentos, habilidades, atitudes e competências voltadas para a conservação do meio ambiente. Refere-se, também ao conjunto de ações e valores correspondentes à dimensão pedagógica dos processos comunicativos ambientais, marcados pelo dialogismo, pela participação e pelo trabalho coletivo. Surge como uma proposta a diversos segmentos da sociedade para uma mudança de valores e posturas, tendo como grande desafio aliar educação à sustentabilidade. Pois em consequência ao elevado crescimento da população global a humanidade passou a ter de lidar com problemas relacionados ao aumento da geração de resíduos sólidos, da emissão de gases poluentes e potencializadores do efeito estufa, da perda da biodiversidade e da exploração dos recursos naturais. Estes problemas estão associados, em grande parte, à atividade antrópica, devido, principalmente, à falta de consciência sobre como o ambiente pode ser alterado em função de determinadas atitudes

e atividades. Desta forma, o objetivo do presente estudo é, através de um levantamento bibliográfico, destacar a importância da Educação Ambiental quando inserida nas redes de ensino, como um complemento ou como parte integrada do processo de aprendizagem. As novas gerações serão as grandes protagonistas de uma sociedade mais sustentável. Em especial quando desde cedo são motivadas a cuidar da natureza, tornando-se pessoas participativas em ações coletivas de preservação e cidadãos críticos em relação às questões ambientais. Por fim, entende-se que o desenvolvimento de ferramentas para apoio ao ensino e democratização da Educação Ambiental deve ser incentivado, pois, com crianças e jovens cada dia mais conscientes e que anseiam por ações que possibilitem minimizar os problemas ambientais, pode-se vislumbrar um futuro mais sustentável.

**PALAVRAS-CHAVE:** Sustentabilidade, Meio ambiente, Conscientização ambiental.

## ACTIONS AND TOOLS FOR THE TEACHING AND DEMOCRATIZATION OF ENVIRONMENTAL EDUCATION

**ABSTRACT:** Environmental Education comprises all the processes through which the individual and the community build social values, knowledge, skills, attitudes and competences aimed at conserving the environment. It also refers to the set of actions and values corresponding to the pedagogical dimension of environmental communicative processes, marked by dialogism, participation and collective work. It appears as a proposal to different segments of society for a change in values and attitudes, having as a great challenge to combine education with sustainability. As a result of the high growth of the global population, humanity has had to deal with problems related to the increase in the generation of solid waste, the emission of polluting gases and potentiators of the greenhouse effect, the loss of biodiversity and the exploitation of natural resources. These problems are largely associated with anthropic activity, mainly due to the lack of awareness of how the environment can be changed as a result of certain attitudes and activities. In this way, the objective of the present study is, through a bibliographic survey, to highlight the importance of Environmental Education when inserted in teaching networks, as a complement or as an integrated part of the learning process. The new generations will be the main protagonists of a more sustainable society. Especially when they are motivated from an early age to care for nature, becoming people who participate in collective preservation actions and citizens who are critical of environmental issues. Finally, it is understood that the development of tools to support the teaching and democratization of Environmental Education should be encouraged, because, with children and young people increasingly aware and who yearn for actions that make it possible to minimize environmental problems, it is possible to glimpse a more sustainable future.

**KEYWORDS:** Sustainability, Environment, Environmental awareness.

## 1 | INTRODUÇÃO

A Educação Ambiental, cujo conceito é oriundo da Lei 9.795/99, compreende todos os processos por meio dos quais o indivíduo e a coletividade constroem valores sociais,

conhecimentos, habilidades, atitudes e competências voltadas para a conservação do meio ambiente, bem de uso comum do povo, essencial à sadia qualidade de vida e sua sustentabilidade (BRASIL, 1999). Refere-se, também ao conjunto de ações e valores correspondentes à dimensão pedagógica dos processos comunicativos ambientais, marcados pelo dialogismo, pela participação e pelo trabalho coletivo. Surge como uma proposta a diversos segmentos da sociedade para uma mudança de valores e posturas, tendo como grande desafio aliar a educação às questões ambientais (HANNINGAN, 2009).

Nesse contexto, entende-se que a escola deve aliar a sua mensagem aos bons exemplos, para que as crianças possam aprender a dar consistência as ideias que defendem e sentir-se motivadas para tal. Assim, por meio de ações direcionadas de Educação Ambiental, voltadas à sensibilização das novas gerações, preparando-as desde cedo a cuidar do planeta onde vivem, mostrando de maneira consciente como podem ser protagonistas de ações coletivas de preservação ambiental, será possível reverter, ou ao menos mitigar o avanço das grandes problemáticas ambientais contemporâneas (UDESC, 2021).

Devido ao acelerado crescimento da população global, principalmente, nas últimas décadas, a humanidade passou a ter de lidar com problemas relacionados ao aumento da geração de resíduos sólidos urbanos, da emissão de gases poluentes e/ou potencializadores do efeito estufa, da perda da biodiversidade e da exploração dos recursos naturais, principalmente os não renováveis. A maior parte destes impactos estão associados à atividade antrópica, devido, principalmente, à falta de consciência sobre como o ambiente pode ser alterado em função de determinadas atividades, muitas vezes simples e/ou rotineiras e que poderiam ser evitadas. Desta forma, o objetivo do presente estudo é, através de um levantamento bibliográfico, destacar a importância da Educação Ambiental quando inserida nas redes de ensino, como um complemento ou como parte integrada do processo de aprendizagem.

## 2 | EDUCAÇÃO AMBIENTAL

### 2.1 Contextualização

A Educação Ambiental (EA), especificamente, passou a ser reconhecida e melhor compreendida internacionalmente a partir da Conferência Intergovernamental sobre Educação Ambiental, em Tbilisi, Geórgia, em 1977. Nesta conferência foram estabelecidos pela primeira vez os princípios, objetivos e estratégias para a disseminação da EA. Já no Brasil, a EA surge como política pública com a lei 6.938/81 da Política Nacional do Meio Ambiente, que determina a inclusão da EA em todos os níveis de ensino (MELO, 2019). Entretanto, não acontece de maneira efetiva, ocorrendo somente a partir da promulgação da lei da Educação Ambiental, nº 9.795/99, de 27 de abril de 1999, que institui uma Política Nacional de Educação Ambiental.

Durante a Rio-92, foi realizado o Fórum Global das Organizações não governamentais, evento no qual foi assinado o Tratado de Educação Ambiental para

Sociedades Sustentáveis e Responsabilidade Global, documento que constitui marco referencial da EA. Este documento traz uma das melhores definições para a EA, conforme resumido por Melo (2019):

[...] processo de aprendizagem permanente, baseado no respeito a todas as formas de vida. Tal educação é um direito de todos, individual e coletiva, deve ter como base o pensamento crítico e inovador, em qualquer tempo e lugar. Dentre outros princípios que orientam a conquista de sociedades sustentáveis e responsabilidade global estão: atos políticos fundamentados em valores para a transformação social; estímulo à solidariedade, igualdade e respeito aos direitos humanos; democratização dos meios de comunicação de massa; promover a cooperação e diálogo entre indivíduos e instituições; valorizar e integrar as diferentes formas de conhecimento; ajudar a desenvolver uma consciência ética sobre todas as formas de vida com as quais compartilhamos este planeta, respeitar seus ciclos vitais e impor limites à exploração dessas formas de vida pelos seres humanos.

Atualmente, a partir de uma visão educacional mais crítica, a EA deve ser considerada como uma educação política e deve estar comprometida “com a ampliação da cidadania, da liberdade, da autonomia e da intervenção direta dos cidadãos na busca de soluções e alternativas que permitam a convivência digna e voltada para o bem comum” (REIGOTA, 2012).

Legalmente, a EA no Brasil deve acontecer de maneira integrada e interdisciplinar em todos os níveis de ensino. Contudo, existem alguns raros casos de municípios que ofertam disciplinas específicas em suas grades, normalmente no ensino fundamental, para tratar sobre o assunto. Segundo Melo (2019), também são raras no país casos de secretarias municipais e de estado que forneçam condições adequadas para que se realize um trabalho eficiente de EA nas escolas, pois se necessita de um currículo bem estruturado, integrado e interdisciplinar, além de profissionais com formação adequada, recursos financeiros e condições de trabalho, pois a interdisciplinaridade da EA vai além do enfoque biológico e da área do ensino.

Entretanto é importante ressaltar que existem muitas experiências exitosas, onde além de conseguir envolver os alunos nas atividades didáticas relacionadas aos trabalhos da EA, muitos participantes chegam a replicar as ações desenvolvidas em suas casas e/ou nas comunidades onde vivem.

## 2.2 Educação Ambiental x Sustentabilidade

A Educação Ambiental tem um papel importante, principalmente no aspecto de moldar uma nova sociedade, como uma porta de entrada para novos conhecimentos. É uma ferramenta fundamental para gerar novas discussões sobre diferentes temas, tais como as grandes problemáticas ambientais contemporâneas.

Por exemplo, a geração de resíduos sólidos urbanos no Brasil no ano de 2020 chegou a 82,5 milhões de toneladas, de acordo com a Associação Brasileira de Empresas de Limpeza Pública e Resíduos Especiais - ABRELPE (2021). Desta quantidade, 60% tiveram a disposição final adequada, enquanto cerca de 30 milhões de toneladas de

resíduos acabaram destinados a lixões ou a outros locais ambientalmente inadequados, contaminando corpos hídricos, através da produção de chorumes, ou promovendo a emissão de gases, como o metano, por exemplo, que contribui com o processo de aquecimento global.

A destinação final dos resíduos sólidos além de ser uma das maiores também é uma das mais antigas problemáticas ambientais e devido a isso existe uma expressiva quantidade de ações de EA e de projetos socioambientais envolvidos com a questão. Trabalhos ensinando a correta separação dos materiais recicláveis, sobre compostagem de resíduos orgânicos, por vezes integrada com hortas, são comuns em escolas, universidades e projetos sociais. Araújo (2022) encontrou catorze trabalhos científicos desenvolvidos em universidades públicas do Estado de São Paulo entre os anos de 2012 e 2022 ao pesquisar por trabalhos que relacionassem diretamente os temas Educação Ambiental e resíduos sólidos.

Estudos indicam que a concentração de alguns gases na atmosfera terrestre, que são amplificadores do efeito estufa natural e provenientes em sua grande maioria de atividades humanas, aumentam gradativa e continuamente, além da normalidade (ALKAFF et al., 2016). Os últimos relatórios do Painel Intergovernamental sobre Mudanças Climáticas (IPCC) indicam que muito provavelmente teremos um aquecimento global entre 1,5 e 2°C até o ano de 2050 (IPCC, 2021). Um dos impactos deste aquecimento será a aceleração dos processos de extinção e de perda de biodiversidade em curso atualmente, como o branqueamento dos recifes de corais. Inclusive, de acordo com o Ministério do Meio Ambiente - MMA (2021), estima-se que a taxa de extinção de espécies esteja entre mil e dez mil vezes maior do que estaria se não houvesse a interferência da espécie humana na natureza. Inclusive, o World Wide Fund for Nature - WWF (2020), através do índice Planeta Vivo, “indica uma queda média de 68% nas populações monitoradas de mamíferos, aves, anfíbios, répteis e peixes entre 1970 e 2016”.

Há, ainda, a superexploração dos recursos naturais, desde os não renováveis, caso dos minérios e combustíveis fósseis, como também dos renováveis de difícil reposição ou recuperação, como a água potável ou a fertilidade dos solos. Para sustentar o consumo médio da sociedade contemporânea, segundo os cálculos da Global Footprint Network - GFN (2022) são necessários recursos de 1,75 planetas, ou seja 75% a mais do que a Terra é capaz de renovar. A humanidade sabe que há apenas um planeta, ou seja, é preciso fazer algo com urgência de modo a parar ou ao menos diminuir as causas destes problemas para que as consequências futuras sejam as menos danosas possíveis.

Estudos, como os trazidos a público pelos relatórios sobre as mudanças climáticas do IPCC (2021), comprovam que se a população e os governantes tiverem consciência de suas atitudes, os impactos futuros poderão ser minimizados. Esta noção é chamada de percepção ambiental, ou seja, a relação que um indivíduo estabelece entre o meio ambiente e a sua vontade de protegê-lo e cuidá-lo. Também é a compreensão das inter-relações dele com o ambiente, suas ações e suas escolhas sobre o uso futuro dos recursos e do espaço que o cerca (TUAN, 2012).

Embora seja uma estratégia com efeito no longo prazo, uma alternativa para reduzir as perspectivas de cenários mais drásticos no futuro são com certeza estratégias envolvendo a EA. Principalmente a disseminação de ensinamentos e conhecimentos para a maior quantidade possível de pessoas, com ênfase às crianças e adolescentes, através de meios de comunicação acessíveis e de formas atrativas, simples e lúdicas. A partir desse entendimento a escola sendo um ambiente de ensino e aprendizagem, possui ferramentas que podem promover uma EA que estimule uma mudança na postura da comunidade escolar onde tais problemas não sejam vistos de forma indiferente, mas de maneira consciente, de forma que todos sintam-se integrantes e responsáveis pela preservação do meio ambiente.

## *2.2.1 Ações e Ferramentas de Ensino Aplicadas à Educação Ambiental*

### *2.2.1.1. Educação socioambiental nas escolas de Lages/SC*

A cidade de Lages, em Santa Catarina, apresenta um diferencial na rede municipal de ensino fundamental que é a existência de uma disciplina na grade curricular permanente chamada “Educação para Sustentabilidade”. Esta disciplina trata especificamente sobre a questão ambiental, com temas como separação de resíduos e reciclagem, proteção de fontes de água, produção de composto orgânico, plantio de árvores, entre outros. Estes temas são trabalhados tanto em componentes teóricos como práticos e tanto dentro como fora da sala de aula (SED-LAGES, 2021).

Associada a esta disciplina, fomentou-se um programa de extensão denominado “Oficina Socioambiental: Despertar e Conscientizar” em parceria com o Centro de Ciências Agroveterinárias (CAV) da Universidade do Estado de Santa Catarina (UDESC), o qual conta com a participação de docentes e acadêmicos do curso de Engenharia Ambiental e Sanitária. Este projeto teve início no ano de 2014 e suas atividades estão relacionadas a três principais linhas de atuação: mudanças climáticas e preservação ambiental, redução do consumo e do desperdício através dos 5R’s (repensar, reduzir, recusar, reutilizar e reciclar) e o estudo das fontes de energias renováveis (UDESC, 2021). A principal ferramenta de ensino utilizada é a metodologia lúdica, que possibilita práticas de interação e motivação mútuas e conseqüentemente uma aquisição mais eficaz do conhecimento. De acordo com Darli (2010), a aplicação de atividades lúdicas é uma intervenção que permite um amplo uso das temáticas ambientais, podendo ser executada transversal e interdisciplinarmente sendo uma ação possível e parte integrante do fazer pedagógico cotidiano, independentemente da área, bem como do nível de ensino.

### *2.2.1.2. Compostagem como ferramenta de aprendizagem para promover a educação ambiental no ensino de ciências*

O trabalho produzido por acadêmicos da UTFPR apresenta o desenvolvimento e aplicação de uma sequência didática sobre EA no ensino de ciências, utilizando a compostagem de resíduos orgânicos como tema gerador de conhecimento e ferramenta

para aprendizagem. Realizou-se no Colégio Estadual Júlia Wanderley em Curitiba-PR, com os alunos do 6º ano do ensino fundamental, na disciplina de Ciências. A sequência didática foi desenvolvida respectivamente através da realização de aulas expositivas, permeadas por discussões de temas relacionados aos resíduos orgânicos, por uma aula prática relativa à execução da técnica da compostagem e, finalizada, por uma visita guiada ao Aterro Sanitário de Curitiba. De acordo com os pesquisadores a construção do conhecimento científico através do método utilizado favorece novas perspectivas aos alunos, favorecendo o desenvolvimento do senso crítico e analítico, além da sensibilização dos mesmos (MARQUES, *et al.*, 2017).

### *2.2.1.3. A criação de uma horta escolar como ferramenta ao ensino de educação ambiental*

O estudo realizado pela Universidade Federal do Amazonas apresentado por Santos e colaboradores (2020) teve como objetivo mostrar que existem espaços não formais dentro das escolas que podem ser utilizados como métodos alternativos de ensino-aprendizagem em diferentes áreas, incluindo as Ciências e a EA. O projeto desenvolveu-se na Escola Estadual Thomé de Medeiros Raposo em Coari-AM, com alunos do 5º ano do Ensino Fundamental, através de uma abordagem socioeducativa, com aplicação de aula expositiva sobre Educação Ambiental, Reutilização e Horta, oficina de confecção de vasos para plantas com materiais reaproveitados/reciclados, plantio de mudas de hortaliças e culminando com a prática da criação da horta escolar utilizando materiais reciclados. Segundo os autores, a realização do trabalho permitiu que os participantes tivessem uma maior aproximação com a temática, facilitando a compreensão e o aprendizado, assim como a adoção de práticas sustentáveis e contribuindo para a formação de cidadãos mais críticos e ativos ambientalmente.

### *2.2.1.4. O uso de plantas carnívoras como ferramenta para o ensino de botânica e para a educação ambiental*

Este estudo de Moraes e colaboradores (2021), proveniente da Universidade Estadual de Goiás, demonstra uma intervenção pedagógica envolvendo a exposição de alguns conceitos ambientais e uma atividade prática utilizando plantas carnívoras. Realizou-se em duas escolas do município de Quirinópolis-GO, com 2 turmas de 7º ano. Inicialmente foi solicitado aos alunos que respondessem a um questionário e desenhassem suas percepções iniciais acerca das plantas carnívoras, após realizou-se uma aula expositiva e prática com a demonstração de espécimes de plantas carnívoras e ao final solicitou-se um novo desenho e novas respostas aos alunos. Como resultado verificou-se que a proposta possibilitou aos discentes conhecer mais sobre as plantas carnívoras, observando a importância ecológica destas e a estreita relação que a diversidade delas tem com o estado de conservação do ambiente em que vivem, oportunizando desta forma reflexões sobre atitudes que possam impactar diretamente o meio ambiente.

### 2.2.1.5. Feira de ciências itinerante e exposições sistematizadas: ferramentas didáticas inclusivas para a educação ambiental

Este projeto de extensão da Universidade Estadual do Norte Fluminense realizou-se devido a necessidade de ações que promovam uma EA inclusiva, direcionada a todas as pessoas, dinâmica e baseada no processo de ensino-aprendizagem. Desta forma realizaram-se exposições e feiras de divulgação científica, num formato itinerante e interativo, nas quais animais taxidermizados foram utilizados de modo a transmitir conhecimento a diferentes grupos da sociedade, incluindo pessoas com deficiência. Foram realizadas 51 feiras nas regiões Norte e Noroeste do Estado do Rio de Janeiro atendendo 18.656 alunos entre os anos de 2018 e 2019. Além das feiras, realizou-se um atendimento periódico no Educandário São José Operário, de Campos dos Goytacazes-RJ, onde estudam alunos com deficiência visual. Estas atividades proporcionaram ao público-alvo entendimento sobre as diferenças morfológicas dos animais expostos e sobre a importância da EA para a formação de um cidadão consciente e ambientalmente engajado (GODINHO, *et al.*, 2021).

## 2.3 A tecnologia no apoio ao ensino da EA

Atualmente, os modelos de ensino, tanto remoto como híbrido, tal como o ensino à distância, foram e estão sendo efetivados como formas modernas e legítimas de ensinar. Mesmo após o fim da pandemia, causada pelo novo coronavírus, eles não foram abandonados ou esquecidos, muito pelo contrário, estarão cada dia mais presentes no cotidiano de educandos e educadores. A utilização de videoaulas, podcasts, infográficos digitais ou apresentações multimídia elaboradas passaram a ser tratadas como ferramentas tecnológicas de apoio ao ensino e em conjunto com sites, blogs, jogos didáticos, sejam eles para computadores ou smartphones, os educadores “modernos” têm em suas mãos diversas oportunidades de viabilizar um aprendizado mais interessante, divertido e democrático aos seus estudantes.

O uso das tecnologias da informação e comunicação (TIC) na EA possui um grande espectro de disciplinas que envolvem projetos em andamento ou finalizados. As questões sociais e ambientais contemporâneas despertam o interesse de muitos professores e pesquisadores e acabam surgindo como temáticas na criação de projetos e jogos educativos. É pungente o fato de que um novo modelo de educação emerge suportado pelos jogos eletrônicos, computadores, smartphones, realidade aumentada etc., basicamente, devido ao acesso cada vez mais democratizado aos dispositivos digitais (LUIZ, 2018).

Observa-se, assim, que o desenvolvimento de jogos ou aplicativos tem à disposição debates que geram tanto oportunidades de abordagens tecnológicas, como a escassez de água, o aquecimento global, os desmatamentos, as perdas de biodiversidade, a poluição marinha, a reciclagem e o consumo consciente por exemplo, como também de negócios, pois o mercado do desenvolvimento de jogos para dispositivos móveis movimentou bilhões de dólares anualmente (BATISTA; BAZZO, 2015).

Os jogos digitais ou a “gamificação” foi impulsionada pelo surgimento dos tablets e smartphones e foi ganhando adeptos em todas as faixas etárias e classes sociais.

Importante ressaltar que além do entretenimento esse movimento também trouxe consigo uma nova forma de aprendizagem. De acordo com Nesteriuk (2009), vários autores definem a utilização de elementos e mecânicas de jogos em cenários que não sejam de jogos como gamificação, criando assim espaços para aprendizagem movidos pelo prazer, entretenimento e desafio, ou seja, a gamificação tenta trazer para a realidade os elementos que fazem parte de um jogo. Segundo Santaella (2013), os jogos digitais, ou games, levam seus jogadores a aprender intuitivamente, através da antecipação de vivências, rapidez na aplicação de treinamento, trabalho em equipe e envolvimento lúdico. E de acordo com Jenkins et al. (2010), o jogo digital é como um conjunto de obstáculos a serem ultrapassados, que funcionam como agentes motivadores ao jogador colaborando com a aprendizagem.

### *2.3.1 Ações de EA apoiadas por ferramentas tecnológicas*

#### *2.3.1.1. Elaboração e avaliação de infográficos como material didático para educação ambiental: Experiência formativa na extensão universitária*

Esta pesquisa desenvolvida na Universidade Estadual do Ceará teve por objetivo elaborar infográficos adaptados para o tema “Água: química e sustentabilidade”, pois uma pesquisa anterior realizada pela mesma instituição identificou uma carência de materiais didáticos para a abordagem de temas em EA, com ênfase no uso consciente e na preservação da água nas escolas de Limoeiro do Norte-CE. Deste modo, cinco infográficos foram elaborados para serem utilizados com as turmas de 8º e 9º anos. Estes infográficos foram avaliados por professores de ensino médio e por alunos de graduação de uma universidade do município. Os autores concluíram que os infográficos foram bem aceitos, que se colocam como promissoras ferramentas no ensino da EA e que permitirão aos alunos compreender os temas que retratam a partir de uma diferente perspectiva de leitura (DA COSTA, *et al.*, 2022).

#### *2.3.1.2. Ferramentas digitais de ensino e aprendizagem em tempos de pandemia: Um relato de experiência na biologia*

Os autores deste trabalho propuseram a criação de uma videoaula direcionada aos alunos do 3º ano do ensino médio do IFSULDEMINAS, localizado em Inconfidentes-MG. O objetivo seria tornar o aprendizado mais dinâmico e o tema mais interessante e de fácil compreensão sobre o assunto “Impactos Ambientais”. Além disso, a criação da videoaula também contribuiu para o desenvolvimento profissional da pesquisadora do IFSULDEMINAS que realizava a sua residência pedagógica. Ao final, concluiu-se que os resultados foram bastante positivos e que o tema trabalhado e as ferramentas remotas auxiliaram na produção de uma videoaula atrativa e interdisciplinar, despertando a curiosidade dos estudantes (GONÇALVES; BOLLELI; SOUTO, 2022).

### *2.3.1.3. Blog como ferramenta pedagógica na produção colaborativa em educação ambiental*

Esta pesquisa, desenvolvida por pesquisadoras da Universidade Federal de Santa Maria, teve como objetivo construir um ambiente para aprendizagem colaborativa apoiada por computador (blog) como estratégia de ensino-aprendizagem em EA. Foi aplicada em uma escola pública estadual na região do extremo oeste de Santa Catarina e contou com a participação de estudantes, tanto do ensino fundamental (séries finais) quanto do ensino médio. Como forma de problematizar questões como a violência, enquanto dispositivo de constituição dos sujeitos e incentivar o diálogo, utilizou-se o *bullying* como um recorte feito sobre a temática ambiental. Os resultados mostraram que o blog é uma ferramenta pedagógica que concilia o processo de interação mediada por computador à produção de textos colaborativos, e que os participantes utilizam de estratégias que cooperam para ações coletivas e participativas, assim contribuindo para que a educação seja transformadora, crítica e participativa (MARQUES e ABEGG, 2012).

### *2.3.1.4. Alterações climáticas e educação ambiental - ferramenta pedagógica para a prática*

Abordou-se neste trabalho, desenvolvidos por pesquisadores da Universidade Aberta e Universidade Nova de Lisboa, a forma como através da criação e aplicação de um jogo pedagógico se pode conduzir um aluno a pensar, levantar hipóteses e consolidar o seu conhecimento, conscientizando-o de que somos parte do problema e, também, da solução dele. O jogo foi estruturado com base no tema das mudanças climáticas, na necessidade de sensibilização e consolidação de conhecimentos dos estudantes no que respeito às mudanças climáticas, suas causas, consequências e medidas de adaptação e mitigação. O público-alvo seria a faixa etária entre os 12 e 15 anos. O jogo foi testado em três turmas de 8º ano e o resultado foi bastante satisfatório. Assim, conclui-se que a criação desta ferramenta responde positivamente a algumas metas da educação ambiental, tornando mais acessível aos estudantes compreender a complexidade das mudanças climáticas e que os jogos pedagógicos são uma opção estimulante e que podem ser colocados em prática no cotidiano escolar tendo por base o rigor científico do tema (MOÇO; VENTURA; FERREIRA, 2015).

## **3 | CONSIDERAÇÕES FINAIS**

Os resultados das pesquisas mostram o quanto as crianças e os adolescentes são acolhedores ao novo conhecimento e o quão grande é a capacidade destes em aprender e assumir novos desafios. São diversos os testemunhos de ações de Educação Ambiental sendo replicadas em suas residências e comunidades, tornando-os disseminadores de ações em prol de uma sociedade mais sustentável.

As novas gerações serão as grandes protagonistas de uma sociedade mais sustentável. Em especial, quando desde cedo são motivadas a cuidar da natureza,

tornando-se pessoas participativas em ações coletivas de preservação e cidadãos críticos em relação às questões ambientais.

Por fim, entende-se que o desenvolvimento de ferramentas para apoio ao ensino e democratização da Educação Ambiental deve ser incentivado, pois, com crianças e jovens cada dia mais conscientes e que anseiam por ações que possibilitem minimizar os problemas ambientais, pode-se vislumbrar um futuro mais sustentável.

## AGRADECIMENTO

“Este trabalho recebeu apoio financeiro da Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior - CAPES - Brasil (PROAP/AUXPE)”.

## REFERÊNCIAS

ABRELPE - Associação Brasileira de Empresas de Limpeza Pública e Resíduos Especiais. **Panorama dos Resíduos Sólidos no Brasil 2021**. São Paulo, 2021.

ALKAFF, S. A.; SIM, S. C.; ERVINA, E. M. N. A review of underground building towards thermal energy efficiency and sustainable development. **Renewable and Sustainable Energy Reviews**, v. 60, p. 692-713, 2016. <https://doi.org/10.1016/j.rser.2015.12.085>.

ARAUJO, T. H. P. **Resíduos sólidos e Educação ambiental: Análise de projetos desenvolvidos em Universidades Públicas do Estado de São Paulo**. 2022. 42 f. TCC (Bacharel em Ciências Biológicas) - Instituto de Ciências Ambientais, Químicas e Farmacêuticas da Universidade Federal de São Paulo, Diadema, SP, 2022.

BATISTA, A. L. F.; BAZZO, W. A. 2015. Questões contemporâneas e desenvolvimento de aplicativos móveis: onde está a conexão? **Revista Brasileira de Ensino de Ciência e Tecnologia**, v. 8, n. 4, 2015.

BRASIL. **Lei nº 9.795, de 27 de abril de 1999**. Dispõe sobre a Educação Ambiental, institui a Política Nacional de Educação Ambiental e dá outras providências. Diário Oficial da União, Brasília, DF.

COSTA, M. C. R.; *et al.* Elaboração e avaliação de infográficos como material didático para Educação Ambiental: Experiência formativa na Extensão Universitária. **Educação Ambiental (Brasil)**, v.3, n.1, p.026-034, 2022.

DARLI, S.A. **Educação ambiental como parceria na educação tradicional: Uma proposta de jogos ambientais – utilizando o lúdico e o Pedagógico para a defesa do meio ambiente**. Enciclopédia Biosfera, vol.6, n.9, 2010. P.1.

GFN - Global Footprint Network. **Dia da Sobrecarga: mundo já esgotou recursos naturais para 2022**. Disponível em: <https://noticias.uol.com.br/ultimas-noticias/rfi/2022/07/28/dia-da-sobrecarga-humanidade-vive-a-credito-de-recursos-naturais-a-partir-de-hoje.html/>. Acesso em: 14 set. 2022.

GODINHO, A. B. F. R.; *et al.* Feira de Ciências Itinerante e Exposições Sistematizadas: ferramentas didáticas inclusivas para a educação ambiental. **Caminho Aberto: revista de extensão do IFSC**, [S. l.], n. 15, p. 73–81, 2021. DOI: 10.35700/ca8073-813056.

GONÇALVES, T. B.; BOLLELI, R. C. F.; SOUTO, N. L. FERRAMENTAS DIGITAIS DE ENSINO E APRENDIZAGEM EM TEMPOS DE PANDEMIA: um relato de experiência na Biologia. **Anais Educação em Foco: IFSULDEMINAS**. v. 2 n. 1, 2022.

IPCC, 2021: **Summary for Policymakers**. In: Climate Change 2021: The Physical Science Basis. Contribution of Working Group I to the Sixth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change [Masson-Delmotte, V., P. Zhai, A. Pirani, S.L. Connors, C. Péan, S. Berger, N. Caud, Y. Chen, L. Goldfarb, M.I. Gomis, M. Huang, K. Leitzell, E. Lonnoy, J.B.R. Matthews, T.K. Maycock, T. Waterfield, O. Yelekçi, R. Yu, and B. Zhou (eds.)]. In Press.

HANNINGAN, J. **Sociologia Ambiental**. Petrópolis: Editora Vozes, 2009.

JENKINS, Henry et al. **Confronting the challenges of participatory culture**. Media education for the 21th century. MacArthur Foundation, 2010.

LUIZ, A. M. **Digoreste - um Jogo para Aprendizagem de Física Ambiental na Educação Básica**. 2018. 82 f. Dissertação (Mestrado em Física Ambiental) - Instituto de Física, Universidade Federal de Mato Grosso, Cuiabá, MT, 2018.

MARQUES, E. G.; ABEGG, I. Blog como ferramenta pedagógica na produção colaborativa em educação ambiental. **Revista Monografias Ambientais**, [S. l.], v. 10, n. 10, p. 2115–2127, 2013. DOI: 10.5902/223613085917.

MARQUES, R., et al. Compostagem como ferramenta de aprendizagem para promover a Educação Ambiental no ensino de ciências. **Fórum Internacional de Resíduos Sólidos**, v. 8, 2017.

MELO, M. C. de. **Uso de um aplicativo móvel como recurso para aprendizagem sobre educação ambiental**. 95 f. Dissertação (Mestrado) – Programa de Pós-Graduação em Educação Profissional e Tecnológica, Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Goiás, Anápolis: IFG, 2019.

MMA - Ministério do Meio Ambiente. **Biodiversidade Brasileira**. Disponível em: <https://antigo.mma.gov.br/biodiversidade/biodiversidade-brasileira.html>. Acesso em: 25 jun. 2022.

MOÇO, S.; VENTURA, J. E. S.; FERREIRA, M. Alterações Climáticas e Educação Ambiental – Ferramenta Pedagógica para a prática. Valores da Geografia. **Atas do X Congresso da Geografia Portuguesa**. p. 432-437, 2015.

MORAIS, I. L. de; *et al.* O uso de plantas carnívoras como ferramenta de ensino de botânica e educação ambiental. **Pesquisa, Sociedade e Desenvolvimento**, [S. l.], v. 10, n. 14, p. e338101422153, 2021. DOI: 10.33448/rsd-v10i14.22153.

NESTERIUK, Sergio. **Reflexões acerca do vídeo game: algumas de suas aplicações e potencialidades**. In: SANTAELLA, Lucia; FEITOZA, Mirna (orgs.) Mapa do jogo. A diversidade cultural dos games. São Paulo: Cengage Learning, p. 23-36, 2009.

REIGOTA, M. **Educação Ambiental: a emergência de um campo**. Perspectiva, Florianópolis, v. 30, n. 2, p. 499-520, maio/ago. 2012.

SANTAELLA, L. **Comunicação Ubíqua - Repercussões na cultura e na educação**. 1 ed. São Paulo: Paulus, 2013.

SANTOS, A. L. dos; *et al.* A criação de uma horta escolar como ferramenta ao ensino de Educação Ambiental/The creation of a school garden as a tool for teaching Environmental Education. **Brazilian Journal of Development**, [S. l.], v. 6, n. 10, p. 78811–78827, 2020. DOI: 10.34117/bjdv6n10-349.

UDESC - Universidade do Estado de Santa Catarina. **Formulário de Cadastro de Programa de Extensão: Oficina Socioambiental - Despertar e Conscientizar**. Coord.: Claudia Guimarães Camargo Campos. Edital nº 01/2021 - UDESC (PAEX - PROCEU), 2021.

TUAN, Y.F. **Topofilia: um estudo da percepção, atitudes e valores do meio ambiente**. Londrina: EDUEL, 2012.

WWF, 2020. **Índice Planeta Vivo 2020 - Reversão da curva de perda de biodiversidade**. Almond, R. E. A.; Grooten, M.; Petersen, T. (eds.), WWF: Gland, Suíça.

# A PERCEPÇÃO DO CONSUMIDOR SOBRE A UTILIZAÇÃO DE SACOLAS PLÁSTICAS NA CIDADE DE MANAUS-AM

*Data de aceite: 01/11/2022*

**Clara Franczy da Costa Backsmann**

**Stacy Ana da Silva**

**Fabrcio Nunes de Freitas**

**Ariadne Freitas da Silva**

**Larissa Inácio Soares de Oliveira**

**Antonio Emerson Fernandes da Silva**

**Katarine Farias de Souza**

**Janáina da Silva Mariano**

**Gabriele Lorrane Santos Silva**

**Pedro Henrique Farias Vianna**

**Celino Juvêncio Ribeiro Pereira Junior**

**Francinéia de Araújo Duarte**

a perguntas pessoais, meio ambiente e a responsabilidade do uso. Devido à deposição inadequada, os plásticos são abandonados em aterros sanitários e lixões sem nenhum tipo de tratamento, o que dificulta na drenagem, retardando assim a decomposição dos materiais biodegradáveis. Outro meio poluído por esse material são os rios e solos. Durante seu desenvolvimento a pesquisa propõe algumas formas de substituição das sacolas plásticas. Quanto aos métodos o estudo possui abordagem qualitativa e quantitativa, tendo como procedimentos técnicos para coleta de dados a revisão bibliográfica e aplicação de questionário eletrônico. O resultado contemplou os objetivos propostos, e na análise dos dados verificou-se que apesar de um grupo possuir maior nível de escolaridade isso não significa que adotam práticas mais sustentáveis ao meio ambiente, pois 40,5% relataram o uso frequente de sacolas plásticas.

**PALAVRAS-CHAVE:** Meio ambiente; sacolas plásticas; impactos negativos; poluição.

**RESUMO:** O estudo teve como objetivo apresentar dados referentes aos impactos ambientais negativos em relação ao uso excessivo de sacolas plásticas e sua destinação final inadequada, além de apresentar a percepção de 210 moradores de Manaus que foram sujeitos a um questionário relacionado

## INTRODUÇÃO

Devido a exploração excessiva do petróleo, sendo a matéria prima de diversos produtos, inclusive para fabricação de plásticos que se tornou um dos principais problemas ambientais da atualidade, isso tem sido pauta de discussões em diversos estados do país, principalmente em relação ao seu descarte incorreto e a busca de alternativas que possam substituí-lo.

A produção de sacolas plásticas chega a quase 1,5 bilhão por dia e seu uso no Brasil alcança 19 kg por habitantes anualmente, dados dessa pesquisa ainda revelam que apenas em 2007 foram fabricadas mais de 18 bilhões de sacolas plásticas, em sua maioria produzidas com polietileno, que levam mais de 100 anos para se degradar completamente. (LEITE; KARL, 2018).

Com o aumento da utilização de sacolas plásticas e sem a prática de reciclagem como destinação final desse produto, o descarte inadequado é um grande impecilho que afeta a sociedade e a natureza, pois quando jogadas no meio ambiente geram inúmeros problemas ambientais negativos como a poluição dos rios, o entupimento de bueiros dificultando a drenagem das águas e contribuindo para os alagamentos em grandes cidades, além de interferirem na vida faunística pois muitos animais acabam ingerindo fragmentos desse produto podendo ser fatal.

Mais de 80% das sacolas plásticas são utilizadas para a deposição de resíduos domésticos ou acabam sendo descartados como lixo e conseqüentemente seu destino é lixões a céu aberto ou em aterros sanitários, dificultando a passagem da água e a decomposição total dos resíduos orgânicos. (FABRO *et al.*, 2007).

Em virtude desses problemas citados acima, é necessário apresentar alternativas que possam reduzir o consumo desse produto em Manaus e conscientizar a população quanto ao seu uso a partir da colaboração e participação do Estado, de Empresas privadas e da sociedade como um todo.

Desse modo, o estudo tem por finalidade apresentar dados sobre o uso excessivo das sacolas plásticas, os problemas ambientais oriundos do seu descarte indevido e de caracterizar a realidade dos participantes dessa pesquisa. O trabalho teve como método de abordagem a pesquisa quali-quantitativa, como procedimentos técnicos a pesquisa bibliográfica e para levantamento de dado a aplicação de um questionário eletrônico a partir da ferramenta Google Forms que contou com a participação de 210 pessoas.

## FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

A criação dos primeiros plásticos sintéticos data o início do século XX, devido sua versatilidade e por possuir um custo baixo comparado a outros materiais, essas características foram responsáveis pela sua ligeira disseminação pelo planeta sendo utilizado em grande escala a partir de 1950. (FORTUNA, 2020; ABIPLAST, 2017).

Assim, desde o início até os dias atuais o plástico se tornou indispensável para a sociedade, especialmente por sua característica versátil e pela elaboração de inúmeros

produtos utilizando-o como principal elemento. O plástico está presente em vários produtos como: móveis, utensílios domésticos, automóveis, roupas, sapatos.

Em 2017 a produção global de plásticos alcançou cerca de 348 milhões de toneladas e apenas no Brasil esse número chegou a 6,5 milhões, a pesquisa ainda menciona que em 2023 esse número pode chegar a 7,8 milhões de toneladas. (FORTUNA, 2020).

Diante disso, um dos produtos mais populares derivado do plástico é a sacola plástica, principalmente por ser de fácil acesso e pela distribuição gratuita em estabelecimentos, assim, esse material está presente no cotidiano da população em geral.

A sacola plástica originou-se a partir de uma amostra apresentada pelo inglês Alexandre Parkes em 1862, com isso iniciou-se longos desenvolvimentos para aprimoramento do material (LEITE; KARL, 2018). Dessa forma, foi introduzida no mercado substituindo outras formas de armazenamento com vidro, papelão, metais, madeiras e matérias-primas de origem animal.

O aumento do consumo de sacolas plásticas se deu a partir dos anos 70 devido à distribuição gratuita nos supermercados, seu baixo custo e por ser descartável, possibilitando a aquisição de bens de consumo pela população menos favorecida. (ALMEIDA, 2018).

Além da praticidade como vantagem, as sacolas plásticas trouxeram também algumas desvantagens em razão da sua característica descartável e, por não possuir uma destinação final correta esse material torna-se resistente ao tempo demorando anos para se decompor, conseqüentemente causando diversos problemas à natureza e a população.

Atualmente, o acúmulo desses resíduos plásticos é uma das grandes preocupações, pois geram amplos danos ao meio ambiente, impactando os recursos naturais essenciais para a vida na terra e da fauna, como é o caso de quase 700 espécies de animais que já foram afetadas por esses resíduos. (FORTUNA, 2020).

Destarte, pensar e colocar em prática alternativas de substituição do plástico é essencial para minimizar tais problemáticas uma vez que o acúmulo desse material e seu descarte inadequado é crescente todos os anos.

## Sacolas plásticas e impactos ambientais

As sacolas plásticas causam grandes impactos ambientais quando descartadas de forma indevida na natureza, todos os anos são milhões de toneladas de sacos plásticos jogados nos cursos hídricos ocasionando cerca de um milhão de morte de animais marinhos anualmente, tornando verdadeiras armadilhas no ambiente aquático. (ROCHA; REZENDE, 2016; LORENZETT *et al*, 2013).

De acordo com os autores acima, é evidente que os lagos, rios e oceanos são locais onde esse material acaba sendo depositado em grande quantidade, prejudicando totalmente a vida aquática, além de poluir a água com a composição química existente.

Como destaca Casagrande (2018, p. 41), os macrolásticos são resíduos encontrados em abundância no ambiente marinho:

“Os macrolásticos [...] estão acumulando-se em habitats marinhos em todo o mundo, podendo persistir por séculos. Quanto a fonte destes materiais, cerca de 80%, é terrestre, principalmente de áreas costeiras densamente povoadas

ou industrializadas, os outros 20% são provenientes de atividades marítimas. [...] Os plásticos marinhos podem [...] causar danos a espécies marinhas incluindo aves, peixes e cetáceos, por sufocamento, emaranhamento, e ingestão, bem como transportar contaminantes químicos, e realizar dispersão biológica.”(BAPTISTA NETO; WALLNER-KERSANACH; PATCHINEELAM, 2008; DERRAIK, 2002; LI; TSE; FOK, 2016).

Desse modo, macro e microplásticos estão presentes em grandes quantidades tanto no meio aquático quanto terrestre. Tampas, sacolas, restos de utensílios domésticos, brinquedos, garrafas, todos esses materiais são extremamente poluidores e de acordo com o autor Casagrande (2018), eles transportam poluentes químicos que contaminam os ecossistemas.

Para Lorenzetti *et al*, (2013, p. 02) “as sacolas plásticas demoram a se decompor e acabam por formar grandes montes de lixo nos oceanos. Quando elas se decompõem, transformam-se em petro-polímeros, que são substâncias altamente tóxicas, contaminando as águas e o solo.”

Além dos oceanos os rios também são afetados com essa poluição, tornando o ambiente de água doce instável uma vez que afeta a fauna aquática e conseqüentemente a população ribeirinha que provém seu sustento da pesca.

### **Alternativas de substituição das sacolas plásticas**

As alternativas de sustentabilidade buscam conscientizar e não proibir a utilização de sacolas plásticas, apesar do Brasil ainda se encontrar dando passos curtos em relação aos recursos de substituição. (MORAES, 2015).

Algumas alternativas de substituição são encontradas atualmente, entre elas estão as sacolas retornáveis também conhecidas como Ecobag sendo uma das formas com maiores pontos relevantes em relação às sacolas plásticas e as de papel, tendo a capacidade de substituir até 125 sacolas plásticas comuns, minimizando o consumo de matérias primas. A elaboração das sacolas retornáveis pode ocorrer de diferentes materiais que minimizam os impactos ambientais tais como reciclagem de resíduos, algodão e linho, sendo esses dois últimos considerados mais agressivos na utilização de agentes de limpeza, e produtos agrícolas na sua produção. (SANTOS, 2011).

Além das Ecobag as caixas de papelão são disponibilizadas pelos supermercados como meio de alternativa gratuita. De preferência as caixas que transportam mercadoria de alimento são ideais para a substituição das sacolas. Os supermercados conscientizam o uso de meios que substituam as sacolas plásticas, podendo ser as ecobags que possuem preços variados de R\$ 1,85 à R\$ 6,00, além de disponibilizarem gratuitamente caixas de papelão. O bioplástico biodegradável é um meio viável para que a população fique menos exposta às toxinas existentes nos plásticos comuns. Ademais, é uma maneira de minimizar o consumo do petróleo principal fonte não renovável do plástico. (ALMEIDA, 2018).

Dessa forma, as sacolas biodegradáveis possuem composições que auxiliam na decomposição reduzindo sua vida útil em até dois anos sendo alternativa para substituir as sacolas comuns.

## MATERIAIS E MÉTODOS

O estudo possui uma abordagem qualitativa e quantitativa, pois conforme Stake (2011), a pesquisa qualitativa observa a forma do comportamento humano em distintas visões. Já a pesquisa quantitativa segundo Tumelero (2019), trabalha quantificando fenômenos que possibilita uma análise melhor dos dados.

Desse modo, como procedimentos técnicos para coleta de dados foi realizada uma revisão e pesquisa bibliográfica de artigos científicos, relatórios, trabalhos de conclusão de curso, revistas científicas e projetos de leis. Para Prestes (2019, p. 30) a pesquisa bibliográfica “é aquela que se efetiva tentando-se resolver um problema ou adquirir conhecimentos a partir do emprego predominante de informações provenientes de material [...] trabalhadas e publicadas por outros estudiosos”.

Como parte da coleta de informações referente ao tema, foi aplicado um questionário pela plataforma Google Forms que teve participação de 210 pessoas, aleatoriamente na cidade de Manaus. A intenção da aplicação desse questionário foi analisar o comportamento do homem mediante a preocupação em relação a sacolas plásticas no meio ambiente. O formulário é composto de 12 questões divididas em: pessoais, relacionadas ao meio ambiente, ao uso e a responsabilidade da destinação das sacolas.

Como ferramenta utilizada o Google Forms é uma plataforma disponível gratuitamente onde se formula questionários livre no qual o pesquisador preenche o campo de resposta como suas próprias palavras e de forma delimitada pelo pesquisador, essa maneira dispõe de opções para responder as perguntas. Assim a forma mais viável para análise dos dados foi à aplicação do questionário fechado, procurando aproximar as respostas ao máximo da realidade.

Para alcançar os pesquisados, foi realizada uma divulgação via rede social com o link do formulário para pessoas que residem em Manaus, para acessar era necessário possuir internet e 5 minutos disponível, não são passados dados de e-mail e nem dos documentos pessoais.

O questionário analisa a preocupação social com o meio ambiente em meio ao acesso ao conhecimento do próprio questionado, se esses dados mudam a forma de agir mediante a poluição das sacolas plásticas. E se a sociedade está informada corretamente mediante a melhoria do material usado na produção das sacolas. Questiona-se também a visão da sociedade em relação à responsabilidade da substituição das sacolas plásticas.

## RESULTADOS E DISCUSSÕES

A utilização das sacolas plásticas em Manaus ainda é vista em bastante quantidade, pois em qualquer lugar como supermercados, conveniências, farmácias, lanches e lojas de roupas os clientes ao realizar uma compra sempre saem com uma sacolinha plástica na mão.

A preocupação principal com esse produto é sua destinação final inapropriada que causa diversos problemas na cidade e para o meio ambiente em geral. Com isso

o questionário foi aplicado de maneira simplificada e direta sendo composto da forma a seguir juntamente com os resultados obtidos:

Número de Entrevistados: 210		Período 24h			
1 – Gênero	<b>Feminino</b>	<b>Masculino</b>	<b>Prefiro não dizer</b>		
	71,10%	27,30%	1,60%		
2 – Idade	<b>Até 18 anos</b>	<b>18 a 40 anos</b>	<b>Mais de 40 anos</b>		
	14%	80,20%	5,80%		
3 – Nível de escolaridade	<b>Méd. Incomp.</b>	<b>Méd. comp.</b>	<b>Sup. Incomp.</b>	<b>Sup. Comp.</b>	<b>Pós Grad.</b>
	8,30%	21,50%	27,30%	40,50%	3,40%
4- Você acha que a Educação Ambiental deveria ser uma disciplina obrigatória em todos os níveis de ensino?	<b>Sim</b>	<b>Não</b>	<b>Indiferente</b>		
	93,40%	5,80%	0,80%		
5- Qual a importância do Meio Ambiente para a sua vida?	<b>Muito</b>	<b>Pouco</b>	<b>Nenhum</b>		
	94,20%	5,80%	0%		
6- Com que frequência você utiliza sacolas plásticas?	<b>Frequentemente</b>	<b>Às vezes</b>	<b>Não utilizo</b>	<b>Quando não tenho opção</b>	
	60,30%	38,00%	0%	1,70%	
7 - Qual o meio que você mais utiliza para transportar suas compras? (Incluindo compras em farmácias, lojas e mercados).	<b>Sacola Plástica</b>	<b>Sacola retornável</b>	<b>Caixa</b>		
	81,80%	11,60%	6,60%		
8- Você acha que a sacola plástica é uma fonte poluidora do meio ambiente?	<b>Sim</b>	<b>Não</b>	<b>Indiferente</b>		
	99,20%	0,80%	0%		
9- Você sabe a destinação final da sua sacola plástica?	<b>Sim</b>	<b>Não</b>			
	41,30%	58,70%			
10- Você sabe quanto tempo leva para uma sacola plástica se decompor totalmente?	<b>10 anos</b>	<b>100 a 400anos</b>	<b>1000 anos</b>	<b>Não sei</b>	
	2,50%	71,70%	6,70%	19,20%	
11- Você já utilizou pelo menos uma vez sacola biodegradável?	<b>Sim</b>	<b>Não</b>	<b>Não sei responder</b>		
	54,50%	44,60%	0,80%		

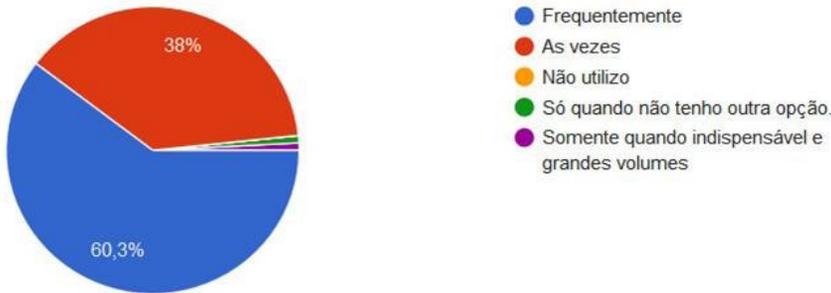
12 - Em sua opinião qual o principal agente responsável pelo incentivo da utilização de outros meios de substituição das sacolas plásticas?	Governo	Empresas	População	Todos
	13,20%	26,40%	6,60%	53,70%

Conforme os resultados obtidos foram destacados alguns pontos para melhor descrever o grupo participante, como:

A frequência de utilização das sacolas plásticas juntamente com o nível de escolaridade descreveu que: 60,3% relataram o uso frequente desse material e sabendo que pelo menos 71,4% está cursando ou já cursou nível superior, é possível perceber que o grau de escolaridade não interfere tanto em relação à utilização de um produto que polui o meio ambiente, ou seja, isso não tem a ver se o cidadão possui mais instrução que o outro, mas, parte da conscientização de cada quanto aos seus hábitos.

### Com que frequência você utiliza sacolas plásticas?

Gráfico de pizza

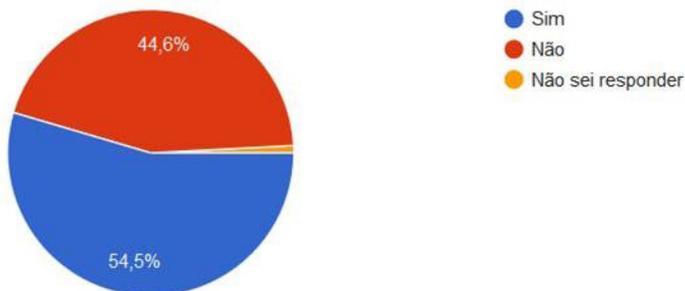


Quando perguntado a importância do Meio Ambiente para o participante, 94,20% responderam que o meio ambiente é muito importante, porém se associado à questão do meio de utilização de transporte das compras (incluindo farmácias, lojas e mercados) 81,80% ainda utilizam sacolas plásticas, dessa forma é possível observar que mesmo consciente do papel do meio ambiente para qualidade de vida, ainda não se aplica a diminuição da utilização desse material.

A questão sobre a utilização de sacolas biodegradáveis mostra um percentual de que 44,6% nunca utilizaram tais sacolas, sendo um número bastante expressivo. No entanto, vale ressaltar que alguns supermercados grandes na cidade de Manaus já utilizam sacolas biodegradáveis, mas os consumidores podem deixar passar despercebido esse detalhe, o que pode justificar esse número.

## Você já utilizou pelo menos uma vez sacola biodegradável?

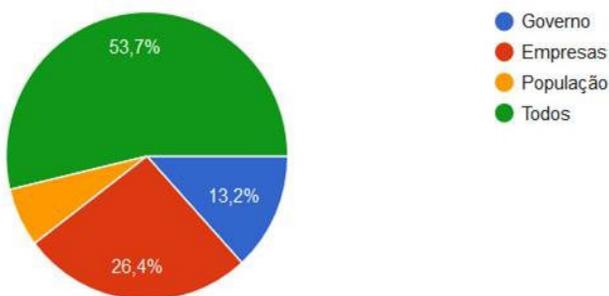
Gráfico de pizza



Sobre o agente responsável pela substituição das sacolas plásticas 53,7% responderam Todos, ou seja, tanto o governo com iniciativas públicas, quanto às empresas responsáveis pela fabricação e distribuição das sacolas, como a população a partir da mudança de hábito e pela cobrança do poder público são os principais agentes que juntos podem mudar essa situação.

## Na sua opinião qual o principal agente responsável pelo incentivo da utilização de outros meios de substituição das sacolas plásticas?

Gráfico de pizza



Com isso sugere-se algumas propostas de implementação relacionando governo, empresas e sociedade, é possível desenvolver ações para substituir as sacolas plásticas na cidade de Manaus.

1. O governo pode colaborar elaborando ações públicas como conscientização e capacitação da população local com o intuito de gerar mais emprego quanto à reciclagem desse produto, pois a maioria das cooperativas existentes na cidade é privada e os coletores de materiais recicláveis infelizmente ainda são desvalorizados,

ganhando pouco ou não possuindo nenhum benefício governamental.

2. Incentivos fiscais a empresas que possuem algum programa voltado ao meio ambiente ou que tenha deixado de utilizar sacolas plásticas e passou a usar outra alternativa menos prejudicial a natureza. Como por exemplo, podemos citar a AFEAM- Agência de Fomento do Estado do Amazonas que oferece incentivos financeiros acessíveis para a população em geral.

3. Realização de encontro ou seminário anualmente juntamente com os três agentes (empresas, governo e população) para discutir melhorias e caminhos para desenvolver ações que beneficie a todos.

4. Colocar em prática a Política Nacional de Resíduos Sólidos elaborando projetos de leis.

5. Criar um marketing verde de propagandas que possa atingir o maior número possível da população a partir das redes sociais, televisão que possa levar informações necessárias contribuindo para mudança de hábitos da sociedade.

6. Tornar as alternativas de substituição de sacos plásticos descartáveis gratuitas nos estabelecimentos a partir de um acordo com o governo, os estabelecimentos e as empresa fornecedoras das sacolas biodegradáveis para que todos tenham incentivos.

7. Criar um canal de denúncia no qual o consumidor possa relatar se algum estabelecimento está infringindo a lei estadual, auxiliando a fiscalização feita pelo poder público.

## CONSIDERAÇÕES FINAIS

Manaus é uma cidade rica de recursos naturais, com uma extensa bacia hidrográfica, possuindo uma grande diversidade na fauna e flora da região, assim faz-se necessário examinar caminhos para a conservação do meio ambiente, para a diminuição dos impactos ambientais causados pelo descarte indevido das sacolas plásticas nos ecossistemas.

Uma possibilidade para mitigar os impactos negativos causados por essa ação seria a implantação da coleta seletiva que contemplasse toda população e não apenas alguns bairros como é o caso atual. Dessa forma, a população menos favorecida seria beneficiada.

Devido a dificuldade de contemplar todos os requisitos de implementação do Plano Municipal de Resíduos Sólidos, o principal descarte dos plásticos destina-se aos lixões ou recursos hídricos da cidade, por vezes é perceptível que o hábito de jogar resíduos na natureza é parcial da sociedade.

O incentivo a conscientização da sociedade quanto à substituição das sacolas plástica ainda é insuficiente para alterar o cenário dos impactos negativos, é apropriado que ocorra mais divulgação em mídias sociais e programa de TV, em meios que possam alcançar toda a população.

É importante destacar o papel e responsabilidade do Estado quanto ao estímulo de minimizar a utilização de sacolas plástica, tendo em vista a criação de leis e projetos

voltados para empresa e sociedade ressaltando que o conjunto dessas ações tem resultados positivos e alcançados a curto prazo.

Em suma, a pesquisa buscou caracterizar os colaboradores quanto a percepção do uso de sacolas plásticas na sua rotina, contemplando os resultados propostos, contudo não sendo o resultado adequado considerando o fato das pessoas terem ciência do impacto negativo esse material provoca no meio ambiente e a sua utilização frequente.

## REFERÊNCIAS

ABIPLAST – ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DA INDÚSTRIA DO PLÁSTICO. **Perfil 2017**. São Paulo: ABIPLAST, 2017. Disponível em:<<http://www.abiplast.org.br/wp-content/uploads/2019/03/Perfil-2017.pdf>>. Acesso: 20 de Nov. de 2020.

ALMEIDA, M. C. **Alternativas do uso de sacolas plásticas ecologicamente sustentáveis para o meio ambiente**. Medianeira – Paraná, 2018. Disponível em:<<http://repositorio.roca.utfpr.edu.br/jspui/bitstream/1/15971/3/alternativassacolasecologicamentesustentaveis.pdf>>. Acesso: 10 de Nov. de 2020.

CASAGRANDE, N. M. **Inclusão dos Impactos dos Resíduos Plásticos no Ambiente Marinho em Avaliação de Ciclo de Vida**. Dissertação. Programa de Pós-Graduação em Engenharia Ambiental da Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2018. Disponível em:<<https://repositorio.ufsc.br/bitstream/handle/123456789/193766/PGEA0605-D.pdf?sequence=-1&isAllowed=y>>. Acesso: 22 de Nov. de 2020.

FORTUNA, A. L. L. **Impactos ambientais dos plásticos: estratégias para redução do acúmulo de embalagens flexíveis de Polipropileno no meio ambiente**. Monografia – Escola de Química, Universidade Federal do Rio de Janeiro, 2020. Disponível em:<<https://pantheon.ufrj.br/handle/11422/12581>>. Acesso: 22 de Nov. de 2020.

LEITE, L. G. M; KARL, A. **O consumo e a utilização das sacolas plásticas no Distrito Federal, Brasil, como produto de armazenamento: análise do ambiente em que estão inseridas**. Revista Brasileira de Gestão Ambiental e Sustentabilidade, 2018. Disponível em:<<http://revista.ecogestaobrasil.net/v5n11/v05n11a18.pdf>>. Acesso: 22 de Nov. de 2020.

LORENZETT, J. B; RIZZATI, C. B; LORENZETT, D. B; GODOY, L. P. **Sacolas Plásticas: Uma Questão de Mudança de Hábitos**. 2013. Disponível em:<<https://periodicos.ufsm.br/remoa/article/view/7725/pdf>>. Acesso: 24 de Nov. de 2020.

MORAES, P. R. **Lei de sacolas plásticas pode se expandir pelo país**. Agência Envolverde Jornalismo. 2015. Disponível em<<https://envolverde.com.br/lei-de-sacolas-plasticas-pode-se-expandir-pelo-pais/>>. Acesso: 21 de Nov. de 2020.

PRESTES, M. L. M. **A pesquisa e a construção do conhecimento científico: do planejamento aos textos, da escola à academia**. 6. Ed. São Paulo: Rêspel, 2019.

ROCHA; REZENDE. **Utilização desacolas plásticas em supermercados das Zonas Centro-Sul e Leste de Manaus-AM**. Revista Online Biolins, 2016. Disponível em:<[https://www.researchgate.net/publication/317150223\\_UTILIZACAO\\_DE\\_SACOLAS\\_PLASTICAS\\_EM\\_SUPERMERCADOS\\_DAS\\_ZONAS\\_CENTRO-SUL\\_E\\_LESTE\\_DE\\_MANAUS-AM#:~:text=clientes%20das%20zona%20leste%20e,e%202%25%20para%20fazer%20artesanato.>](https://www.researchgate.net/publication/317150223_UTILIZACAO_DE_SACOLAS_PLASTICAS_EM_SUPERMERCADOS_DAS_ZONAS_CENTRO-SUL_E_LESTE_DE_MANAUS-AM#:~:text=clientes%20das%20zona%20leste%20e,e%202%25%20para%20fazer%20artesanato.>)>. Acesso: 21 de Nov. de 2020.

SANTOS, W; MÓL, G. **Química Cidadã**. 1ª edição, v. 3, São Paulo. Editora Nova Geração, 2011.

STAKE. R. E. **Pesquisa Qualitativa estudando como as coisas funcionam**. Tradução Karla Reis. Porto Alegre. 2011.

TUMELERO, N. **Tipos de pesquisa: da abordagem, natureza, objetivos e procedimentos**. 2019. Disponível em:<<https://blog.mettzer.com/tipos-de-pesquisa/>>. Acesso: 24 de Nov. de 2020.

FRABO, A. T.; LINDEMANN, C.; VIEIRA, S. A. **Utilização se sacolas plásticas em supermercados**. Revista Ciência do Ambiente. V. 3, n.1, p. 15-23, 2007. Disponível em:<<http://sistemas.ib.unicamp.br/be310/nova/index.php/be310/article/view/70>>. Acesso: 27 de Nov. de 2020.

# PRÁTICAS DE EDUCAÇÃO AMBIENTAL NÃO-FORMAL PARA O GERENCIAMENTO DE RESÍDUOS SÓLIDOS: ESTUDO DE CASO NO MUNICÍPIO DE SÃO LOURENÇO DO SUL – RS

*Data de submissão: 04/10/2022*

*Data de aceite: 01/11/2022*

### **Michele Barros de Deus Chuquel da Silva**

Universidade do Estado de Santa Catarina  
(UDESC)  
Lages - SC  
<http://lattes.cnpq.br/8556198056915055>

### **Juliana Araújo Pereira**

Universidade do Estado de Santa Catarina  
(UDESC)  
Lages - SC  
<http://lattes.cnpq.br/4174394760442227>

### **Bianca Rocha Martins**

Universidade do Estado de Santa Catarina  
(UDESC)  
Lages - SC  
<http://lattes.cnpq.br/0680980765446971>

### **Valter Antonio Becegato**

Universidade do Estado de Santa Catarina  
(UDESC)  
Lages - SC  
<http://lattes.cnpq.br/3196823526572670>

conflitos, através de ações que incentivem o recolhimento de resíduos sólidos recicláveis de forma voluntária em ambientes estratégicos. A Secretaria de Planejamento e Meio Ambiente – SEPLAMA é um órgão público que busca gerenciar aspectos ambientais no município de São Lourenço do Sul/RS. A SEPLAMA, assim como outros órgãos e instituições, pode ser um caminho de incentivo a práticas de educação ambiental. Diante disso, esse trabalho analisou uma ação de sensibilização e conscientização da população de São Lourenço do Sul/RS e dos turistas, em relação aos cuidados com o meio ambiente, através do incentivo da separação dos resíduos sólidos recicláveis, doação desse material e plantio de plantas, no período de janeiro a março de 2022. A ação ocorreu mediante a troca de alguns resíduos sólidos e líquidos, como óleos residuais, esponjas usadas e resíduos recicláveis, por uma muda de planta. Como resultado houve a doação de 248 plantas, recolhidas 611 sacolas com resíduos recicláveis, 5 litros de óleo e 14 esponjas para descarte. Todos os resíduos foram encaminhados para a destinação correta. Essas ações podem

**RESUMO:** Problemas relacionados ao descarte inadequado de resíduos sólidos é um fator que afeta diversas regiões praianas. A educação ambiental não formal pode ser propulsora na remediação desses

contribuir para a gestão adequada de resíduos sólidos no município e servir de exemplo para outras localidades.

**PALAVRAS-CHAVE:** Educação Ambiental; Órgão Público; Gestão Ambiental; Conscientização.

## NON-FORMAL ENVIRONMENTAL EDUCATION PRACTICES FOR SOLID WASTE MANAGEMENT: CASE STUDY IN THE MUNICIPALITY OF SÃO LOURENÇO DO SUL – RS

**ABSTRACT:** Problems related to the inadequate disposal of solid waste is a factor that affects several each regions. Non-formal Environmental Education can be a driving force in the remediation of these conflicts, through actions that encourage the voluntary collection of recyclable solid waste in strategic environments. The Department of Planning and Environment - SEPLAMA, is a public agency that to manages environmental aspects in the municipality of São Lourenço do Sul/RS. SEPLAMA, as well as other bodies and institutions, can be a way of encouraging environmental education practices. With that, this work analyzed an action of sensitization and awareness of the population of São Lourenço do Sul/RS and tourists, in relation to care for the environment. By encouraging the separation of recyclable solid waste, donation of this material and planting of plants, from January to March 2022. The action took place through the exchange of some solid or liquid waste, such as residual oils, used sponges or recyclable waste, for a plant seedling. As a result, 248 plants were donated, 611 bags with recyclable waste, 5 liters of oil and 14 sponges were collected for disposal. All waste was sent to the correct destination. These actions can contribute to the proper management of solid waste in the municipality and serve as an example for other locations.

**KEYWORDS:** Environmental Education; Public Agency; Environmental Management; Awareness.

## 1 | INTRODUÇÃO

De acordo com a Associação Brasileira de Empresas de Limpeza Pública e Resíduos Especiais - ABRELPE (2021), o Brasil gerou 76,1 milhões de toneladas de resíduos sólidos coletadas em 2020, o que implica em uma cobertura de coleta de 92,2%. Especificamente sobre o lixo plástico a *World Wide Fund for Nature – WWF* (2019) publicou que de acordo com os dados do Banco Mundial, o Brasil é o 4<sup>a</sup> maior produtor no mundo, com 11,3 milhões de toneladas de plástico, a frente desta posição os países Estados Unidos, China e Índia. Os problemas relacionados ao descarte inadequado de resíduos, e em especial os plásticos, têm preocupado pesquisadores por trazer riscos a saúde humana e ambiental (RAGUSA *et al.*, 2021; YANG *et al.*, 2022).

A Educação Ambiental (EA) é fundamental para que as pessoas se tornem mais conscientes sobre a finitude dos recursos naturais e a importância da sustentabilidade para haver boas condições ambientais para as futuras gerações (VARELA-CANDAMIO; NOVO-CORTI; GARCÍA-ÁLVAREZ, 2018). No Brasil, foi instituída a Política Nacional de Educação

Ambiental (PNEA) pela Lei nº 9.795/99 que dispõe sobre o direito à educação ambiental para todos (BRASIL, 1999). Quintas (2004) afirma que há necessidade de compreender as problemáticas ambientais existentes para participar de ações que buscam melhorias na qualidade do meio ambiente. Do mesmo modo, Almasi *et al.* (2019), abordam que a consciência ecológica está inteiramente ligada à preservação do meio ambiente, e que essa deve ser fomentada por meio de ações socioambientais nos municípios.

Um órgão municipal como a Secretaria de Planejamento e Meio Ambiente de São Lourenço do Sul - SEPLAMA, pode ser propulsora em atividades que incentivem a EA não formal, pois a mesma tem o dever de buscar o desenvolvimento sustentável. De acordo com a Lei complementar nº 140 de 8 de dezembro de 2011 da Constituição Federal, é um objetivo do órgão proteger, defender e conservar o meio ambiente (BRASIL, 2011).

No verão do hemisfério sul, período que compreende os meses de dezembro a março, os ambientes litorâneos são altamente impactados pela disposição inadequada de resíduos sólidos, somado ao aumento do fluxo populacional e falta de consciência ambiental da população (ROCHA, 2019; TRUCHET *et al.*, 2021; ZALEWSKA; MACIAK; GRAJEWSKA, 2021). São Lourenço do Sul, localizado no estado do Rio Grande do Sul - RS, é um município turístico que recebe muitas pessoas em período de veraneio.

Frente a isso, a SEPLAMA realizou um projeto de educação ambiental durante o período de veraneio para diminuir a quantidade de resíduos descartados na praia das Nereidas, localizada neste município. Assim, o objetivo do presente trabalho foi descrever e analisar a ação de sensibilização e conscientização da população de São Lourenço do Sul/RS e dos turistas quanto aos cuidados com o meio ambiente, incentivo à separação dos resíduos sólidos, à reciclagem e ao plantio de mudas.

## 2 | METODOLOGIA

A região de estudo compreende a praia das Nereidas, situada na área urbana do município de São Lourenço do Sul/RS, Brasil, localizada no extremo sul do Estado. O planejamento da atividade ocorreu entre os meses de novembro e dezembro de 2021 e contou com parcerias entre a Universidade Federal do Rio Grande - FURG, SEPLAMA, Horto Municipal de São Lourenço do Sul e a Associação Ecológica dos Recicladores de São Lourenço do Sul - ASSER.

A ação de educação ambiental ocorreu de janeiro a março de 2022 em um quiosque da prefeitura do município. A população recebia informações via redes sociais, conversas presenciais e *banners* sobre a atividade que era composta pela troca de resíduos recicláveis como o papel, plástico, papelão, vidro e latas, por plantas nativas. As mudas foram doadas pelo Horto Municipal de São Lourenço do Sul, e a logística para a manutenção, cuidados e reposições das plantas no quiosque foram realizadas pela SEPLAMA. A relação das espécies que foram doadas pode ser vista na Tabela 1.

Família	Nome científico	Nome popular
Bignoniaceae	<i>Handroanthus impetiginosus</i> (Mart. ex DC.) Mattos	Ipê roxo
Bignoniaceae	<i>Jacaranda acutifolia</i> Humb. & Bonpl.	Jacarandá
Fabaceae	<i>Inga edulis</i> Mart.	Ingá
Myrtaceae	<i>Campomanesia xanthocarpa</i> (Mart.) O.Berg	Gabiroba
Myrtaceae Juss.	<i>Eugenia uruguayensis</i> Cambess.	Guabiju
Myrtaceae	<i>Eugenia pitanga</i> (O.Berg) Nied.	Pitanga
Myrtaceae	<i>Eugenia involucrata</i> D.C	Cereja do rio grande
Myrtaceae	<i>Psidium cattleianum</i> Sabine	Araçá amarelo
Myrtaceae	<i>Plinia cauliflora</i> (Mart.) Kausel	Jabuticaba

Tabela 1 - Identificação das mudas do projeto de educação ambiental na orla da praia.

Fonte: Autoria própria.

Além dos resíduos recicláveis, houve o recolhimento de óleo residual de cozinha e esponjas de louça para descarte. As trocas ocorriam por meio da segregação no recebimento, a qual o óleo era armazenado em um tonel, as esponjas em um balde e as sacolas com os recicláveis dentro do quiosque. Após o período de aproximadamente 24 horas, as sacolas com os recicláveis foram encaminhadas para a ASSER (Figura 1). Os óleos residuais e esponjas eram doados para uma empresa privada. Desse modo, foi estabelecido que seriam necessárias três sacolas cheias de resíduos recicláveis e higienizados para obtenção de uma muda de árvore nativa ou flor. Um litro de óleo usado ou uma esponja seria equivalente para a troca por uma muda.



Figura 1. Etapas do processamento dos resíduos recebidos no quiosque.

Fonte: Autoria própria.

A relação de arrecadação dos resíduos recicláveis e mudas doadas foram organizadas em uma planilha do programa *Microsoft Excel* e posteriormente analisadas.

### 3 | RESULTADOS

No mês de janeiro de 2022 ocorreu o início das trocas de resíduos pelas plantas (Figura 2a). Durante esse período, foram distribuídas cerca de 68 plantas entre espécies de árvores nativas e flores, representando 27,4% (Figura 3). Em fevereiro, o fornecimento chegou a 142 unidades, configurando em 57,3%. Logo, no último mês as entregas não ultrapassaram 38 plantas, equivalente a 15,3%. O total de plantas trocadas por resíduos recicláveis foi de 248 unidades.



Figura 2 - a) Tonel de armazenamento do óleo de cozinha e plantas para doação; b) Resíduos armazenados no interior do quiosque; e c) Resíduos sendo encaminhados para a ASSER.

Fonte: Autoria própria.

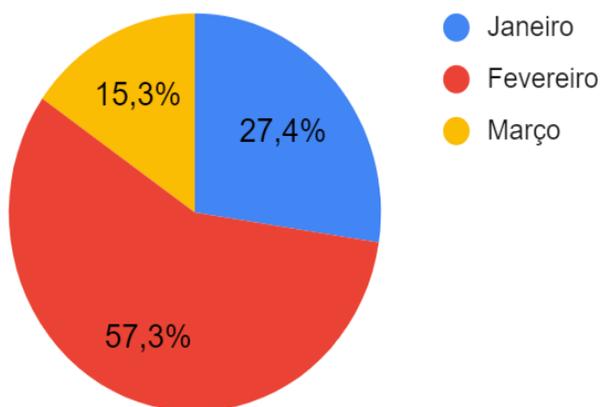


Figura 3 - Percentual das plantas doadas durante o período de verão no quiosque.

Fonte: Autoria própria.

Com relação a arrecadação de resíduos sólidos recicláveis, no primeiro mês houve o recebimento de 185 sacolas de diferentes proporções, conforme apresenta a Figura 2b.

Esse resultado representa cerca de 30,3% do recebido durante as ações. No mês seguinte, foram contabilizadas 333 sacolas, retratando 54,5%. Durante o último mês da atividade, foi registrada a coleta de 93 sacolas, configurando em 15,2% (Figura 4). No total foram arrecadadas 611 sacolas de resíduos sólidos recicláveis, que foram encaminhadas para a ASSER (Figura 2c).

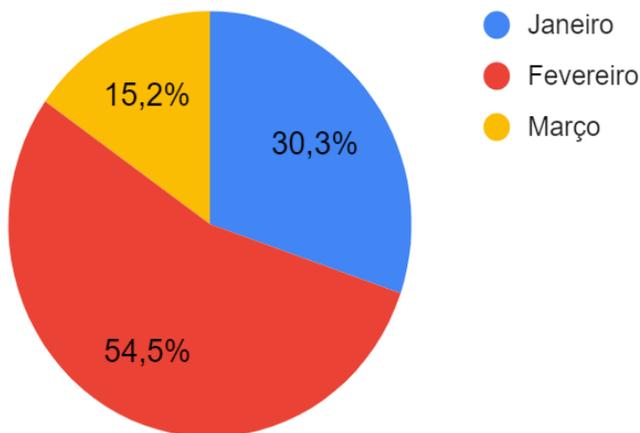


Figura 4 - Percentual de sacolas de resíduos sólidos arrecadados durante o período de realização da ação.

Fonte: Autoria própria.

O recebimento dos resíduos provenientes de óleos residuais de cozinha também ocorreu durante os três meses da atividade. Com isso, no primeiro mês, foram recebidos três litros de óleo, no mês seguinte dois litros e no último mês não teve a arrecadação deste produto. No total, foram recebidos apenas cinco litros de óleo. Quanto ao recebimento das esponjas usadas, no primeiro mês, contabilizou-se três unidades, no segundo onze unidades e no último mês não ocorreu o recebimento dela. Por fim, totalizou-se o recebimento de apenas 14 unidades de esponjas usadas.

## 4 | DISCUSSÃO

A estratégia adotada que envolveu parcerias entre órgão público e instituições foi promissora tanto para a obtenção dos insumos, como para as abordagens e logística de encaminhamento dos materiais até a destinação final. Em relação a isso, Almasi *et al.* (2019) e Ardoin, Bowers e Gaillard (2020) mencionam sobre a relevância de desenvolver programas de educação ambiental que selecionem problemáticas ambientais locais, fomentem parcerias entre instituições, incorporem projetos de ações que sejam criativos e que demonstrem os resultados dessas iniciativas.

A distribuição de 248 plantas incentiva o plantio urbano, reflorestamento e representa

o quanto a sociedade está disposta a cuidar do meio ambiente através da separação dos resíduos recicláveis dos rejeitos e esforços de praticar e compreender a importância do plantio de mudas nativas para o sistema ecológico (GWEDLA; SHACKLETON; OLIVITT, 2022). Um estudo realizado por Martin *et al.* (2021) afirma que iniciativas ligadas ao plantio de árvores aumentaram 288% nos últimos 30 anos.

Outros estudos mostram que a estratégia de plantio de plantas na cidade tem trazido melhorias para as pessoas no geral, como por exemplo, diminui a probabilidade de enchentes, purifica o ar, ameniza altas temperaturas, fornece economia de energia, entre outros benefícios (BAGGIO-COMPAGNUCCI *et al.*, 2022; MOODY *et al.*, 2021; RIEDMAN *et al.*, 2022; ZHANG *et al.*, 2022). No mais, é fundamental fomentar a introdução de espécies nativas no município, pois espécies exóticas e invasoras podem causar diversos impactos ambientais como alteração de ambientes, supressão da vegetação nativa, dentre outros (GEBREEGZIABHER *et al.*, 2020; MARTIN *et al.*, 2021).

O município estudado conta com um plano de gestão integrada de resíduos sólidos. Essa atividade de educação ambiental na orla da praia pode ser um dos programas contínuos de ações para o gerenciamento de resíduos sólidos, não só na praia, mas em praças públicas e escolas (PEREIRA; FERNANDINO, 2019). O incentivo a essas ações pode inclusive corroborar para a criação de novas cooperativas e associações de recicladores na cidade (ALMASI *et al.*, 2019). Fomentar a criação de cooperativas e associações de recicladores proporciona diversos ganhos socioambientais para os municípios, pela ampliação de oportunidades de emprego, economia e qualidade ambiental (EZEUDU *et al.*, 2021; GALL *et al.*, 2020; GUTBERLET, 2021).

Em relação aos processos ligados a reciclagem de resíduos, em especial os óleos residuais, ainda são um desafio para gestores públicos e privados devido a fatores como dificuldade de coletar adequadamente, variabilidades de composição, educação ambiental, apoio governamental, dentre outros (AWOGBEMI *et al.*, 2021; CALDEIRA *et al.*, 2016; LANDI *et al.*, 2022). Para Gonçalves *et al.* (2018) é necessário o contato direto com os consumidores, pois facilita a conscientização e estimula a entrega voluntária. Porém, a sociedade pode contribuir melhor quando existem ganhos financeiros envolvidos e ações consolidadas para além da entrega (ANTUNES; DE CAMPOS, 2018; BESEN, 2020). Esse pode ser um dos motivos pela entrega apenas de cinco litros de óleos residuais durante as ações de educação ambiental realizadas neste estudo. Isto ocorre também para as esponjas de louça recebidas. Como muitos turistas ficam alocados em pousadas ou hotéis (BOTO-GARCÍA *et al.*, 2021), esse fator também pode contribuir para a baixa coleta desse material.

Contudo, é necessário apresentar alguns obstáculos encontrados durante esse estudo, como por exemplo, o momento pandêmico de Covid-19, no qual houve uma elevada exposição dos participantes a possibilidade de contágio do vírus, mesmo mantendo todos os procedimentos e medidas de saúde possíveis para a segurança pessoal e do público, como o uso de máscaras e álcool gel. Do mesmo modo, houve a necessidade de uma estrutura maior e acessórios apropriados para o recebimento e organização dos materiais

recebidos.

Ademais, existem inúmeras praias em diversas regiões que enfrentam problemas de poluição relacionada ao descarte inapropriado de resíduos sólidos (RANGEL-BUITRAGO *et al.*, 2018; ŠILC *et al.*, 2018). Neste estudo, considera-se que dentre os resíduos que seriam destinados de forma inadequada na orla da lagoa, com o desenvolvimento de ações como essa que estimulam a doação de resíduos sólidos recicláveis pela troca por mudas, podem contribuir para o dimensionamento correto dos resíduos sólidos que seriam destinados de forma inadequada e a redução de impactos ambientais locais.

## 5 | CONCLUSÃO

A execução do projeto de educação ambiental junto à população ocorreu com êxito, pois houveram trocas de experiências com o público em geral que permitiram momentos reflexivos sobre temáticas ambientais, além do recebimento de resíduos recicláveis e a troca por mudas ou flores.

Os resultados do presente trabalho demonstraram que é possível coletar grande quantidade de resíduos sólidos recicláveis, a depender do envolvimento de ações de educação ambiental junto aos órgãos públicos. Além disso, há do mesmo modo ganhos socioambientais com o descarte correto dos resíduos sólidos e geração de empregos e renda para a população local. Este trabalho pode ser utilizado como exemplo para outras regiões turísticas que podem investir em ações de educação ambiental em praias, e aumentar o descarte correto de resíduos sólidos recicláveis.

## AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem a Universidade do Estado de Santa Catarina (UDESC) e a Secretaria de Planejamento e Meio Ambiente (SEPLAMA) que forneceram os dados. Este trabalho recebeu apoio financeiro da Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior - CAPES -Brasil (PROAP/AUXPE).

## REFERÊNCIAS

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE EMPRESAS DE LIMPEZA PÚBLICA E RESÍDUOS ESPECIAIS. **Panorama dos resíduos sólidos no Brasil 2021**. 2021. Disponível em: <https://abrelpe.org.br/panorama/>. Acesso em: 18 ago. 2022.

ALMASI, A. *et al.* **Assessing the knowledge, attitude and practice of the kermanshahi women towards reducing, recycling and reusing of municipal solid waste**. Resources, Conservation and Recycling, v. 141, p. 329-338, 2019. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.resconrec.2018.10.017>. Disponível: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0921344918303823?via%3Dihub>. Acesso em: 20 set. 2022.

ANTUNES, M. C.; DE CAMPOS, T. M. P. **Cadeia reversa do óleo de cozinha residual: o papel do Ponto de Entrega Voluntária (PEV)**. Dignidade Re-Vista, v. 3, n. 5, p. 96-111, 2018. ISSN 2525-698X. Disponível em: <http://periodicos.puc-rio.br/index.php/dignidaderevista/article/view/673>. Acesso em: 20 set. 2022.

ARDOIN, N. M.; BOWERS, A. W.; GAILLARD, E. **Environmental education outcomes for conservation: A systematic review**. Biological Conservation, v. 241, p. 108224, 2020. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.biocon.2019.108224>. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0006320719307116>. Acesso em: 18 ago. 2022.

AWOGBEMI, O. *et al.* **Advances in biotechnological applications of waste cooking oil**. Case Studies in Chemical and Environmental Engineering, v. 4, p. 100158, 2021. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.cscee.2021.100158>. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S2666016421000803?via%3Dihub>. Acesso em: 19 ago. 2022.

BAGGIO-COMPAGNUCCI, A. *et al.* **Barking up the wrong tree? Can forest expansion help meet climate goals?**. Environmental Science & Policy, v. 136, p. 237-249, 2022. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.envsci.2022.05.011>. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S146290112200171X>. Acesso em: 19 ago. 2022.

BOTO-GARCÍA, D. *et al.* **Tourists' preferences for hotel booking**. International Journal of Hospitality Management, v. 92, p. 102726, 2021. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.ijhm.2020.102726>. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0278431920302784>. Acesso em: 20 ago. 2022.

BESEN, A. G. **A destinação do óleo de cozinha usado e o papel da educação ambiental**. Dissertação (Mestre em Desenvolvimento Rural Sustentável) - Universidade Estadual do Oeste do Paraná, Centro de Ciências Agrárias, Programa de Pós-Graduação em Desenvolvimento Rural Sustentável. p. 77. 2020.

BRASIL. **Lei complementar nº 140, de 8 de dezembro de 2011**. Fixa normas, nos termos dos incisos III, VI e VII do caput e do parágrafo único do art. 23 da Constituição Federal. Brasília, DF: Presidência da República, [2011]. Disponível em: [http://www.planalto.gov.br/ccivil\\_03/leis/lcp/lcp140.htm](http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/leis/lcp/lcp140.htm). Acesso em: 25 mar. 2022.

BRASIL. **Lei nº 9.795, de 27 de abril de 1999**. Dispõe sobre a educação ambiental, institui a Política Nacional de Educação Ambiental e dá outras providências. Brasília, DF: Presidência da República, [1999]. Disponível em: [http://www.planalto.gov.br/ccivil\\_03/leis/l9795.htm](http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/leis/l9795.htm). Acesso em: 18 abr. 2022.

CALDEIRA, C. *et al.* **Incorporating uncertainty in the life cycle assessment of biodiesel from waste cooking oil addressing different collection systems**. Resources, Conservation and Recycling, v. 112, p. 83-92, 2016. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.resconrec.2016.05.005>. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S092134491630115X>. Acesso em: 10 ago. 2022.

EZEUDU, O. B. *et al.* **Enablers and barriers to implementation of circular economy in solid waste valorization: The case of urban markets in Anambra, Southeast Nigeria**. Environmental and Sustainability Indicators, v. 12, p. 100150, 2021. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.indic.2021.100150>. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S26665972721000519?via%3Dihub>. Acesso em: 21 jun. 2022.

GALL, M. *et al.* **Building a circular plastics economy with informal waste pickers: Recyclate quality, business model, and societal impacts.** *Resources, Conservation and Recycling*, v. 156, p. 104685, 2020. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.resconrec.2020.104685>. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0921344920300070>. Acesso em: 21 jun. 2022.

GEBREEGZIABHER, Z. *et al.* **Household tree planting in Tigray, Northern Ethiopia: Tree species, purposes, and tenure security.** *Land Use Policy*, v. 96, p. 104635, 2020. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.landusepol.2020.104635>. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0264837719309007>. Acesso em: 19 ago. 2022.

GONÇALVES, M. F. S. *et al.* **Avaliação da estrutura da logística reversa do óleo residual de cozinha (ORC) em São Paulo.** *Revista Gestão Industrial*, v. 14, n. 4, 2018. DOI: 10.3895/gi.v14n4.7799. Disponível em: <https://periodicos.utfr.br/revistagi/article/view/7799>. Acesso em: 20 ago. 2022.

GUTBERLET, J. **Grassroots waste picker organizations addressing the UN sustainable development goals.** *World Development*, v. 138, p. 105195, 2021. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.worlddev.2020.105195>. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0305750X20303223>. Acesso em: 21 jun. 2022.

GWEDLA, N.; SHACKLETON, C. M.; OLVITT, L. **Trees stocks in domestic gardens and willingness to participate in tree planting initiatives in low-cost housing areas of the Eastern Cape, South Africa.** *Urban Forestry & Urban Greening*, v. 68, p. 127484, 2022. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.ufug.2022.127484>. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S1618866722000279>. Acesso em: 19 ago. 2022.

LANDI, F. F. de A. *et al.* **Environmental assessment of four waste cooking oil valorization pathways.** *Waste Management*, v. 138, p. 219-233, 2022. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.wasman.2021.11.037>. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0956053X21006255?via%3Dihub>. Acesso em: 19 ago. 2022.

MARTIN, M. P. *et al.* **People plant trees for utility more often than for biodiversity or carbon.** *Biological Conservation*, v. 261, p. 109224, 2021. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.biocon.2021.109224>. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0006320721002767>. Acesso em: 19 ago. 2022.

MOODY, R. *et al.* **Modeling the spatial distribution of the current and future ecosystem services of urban tree planting in Chicopee and Fall River, Massachusetts.** *Urban Forestry & Urban Greening*, v. 66, p. 127403, 2021. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.ufug.2021.127403>. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S1618866721004301>. Acesso em: 19 ago. 2022.

PEREIRA, T. D. S.; FERNANDINO, G. **Evaluation of solid waste management sustainability of a coastal municipality from northeastern Brazil.** *Ocean & Coastal Management*, v. 179, p. 104839, 2019. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.ocecoaman.2019.104839>. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0964569119300675?via%3Dihub>. Acesso em: 20 ago. 2022.

QUINTAS, J. S. **Educação no processo de gestão ambiental: uma proposta de educação ambiental transformadora e emancipatória.** In: LAYRARGUES, P. P. (coord.). *Identidades da educação ambiental brasileira*. Brasília: Ministério do Meio Ambiente, v. 156, p. 113-140, 2004.

RAGUSA, A. *et al.* **Plasticenta: First evidence of microplastics in human placenta.** Environment International, v. 146, p. 106274, 2021. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.envint.2020.106274>. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0160412020322297>. Acesso em: 20 ago. 2022.

RANGEL-BUITRAGO, N. *et al.* **Abundance and distribution of beach litter along the Atlantico Department, Caribbean coast of Colombia.** Marine Pollution Bulletin, v. 136, p. 435-447, 2018. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.marpolbul.2018.09.040>. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0025326X18306799>. Acesso em: 20 ago. 2022.

RIEDMAN, E. *et al.* **Why don't people plant trees? Uncovering barriers to participation in urban tree planting initiatives.** Urban Forestry & Urban Greening, p. 127597, 2022. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.ufug.2022.127597>. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S1618866722001406>. Acesso em: 19 ago. 2022.

ROCHA, M. **Além de pegadas na areia: estudo sobre marcas e sustentabilidade na praia de Ponta Negra.** 2019. Trabalho de Conclusão de Curso (Comunicação Social) - Universidade Federal do Rio Grande do Norte, Natal, 2019. Disponível em: <https://repositorio.ufrn.br/handle/123456789/34463>. Acesso em: 15 ago. 2022.

ŠILC, U. *et al.* **Beach litter along various sand dune habitats in the southern Adriatic (E Mediterranean).** Marine Pollution Bulletin, v. 128, p. 353-360, 2018. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.marpolbul.2018.01.045>. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0025326X18300560>. Acesso em: 20 ago. 2022.

TRUCHET, D. M. *et al.* **Microplastics in bivalves, water and sediments from a touristic sandy beach of Argentina.** Marine Pollution Bulletin, v. 173, p. 113023, 2021. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.marpolbul.2021.113023>. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0025326X21010572>. Acesso em: 20 ago. 2022.

VARELA-CANDAMIO, L.; NOVO-CORTI, I.; GARCÍA-ÁLVAREZ, M. T. **The importance of environmental education in the determinants of green behavior: A meta-analysis approach.** Journal of Cleaner Production, v. 170, p. 1565-1578, 2018. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2017.09.214>. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0959652617322175>. Acesso em: 18 ago. 2022.

WORLD WIDE FUND FOR NATURE. **Brasil é o 4º país do mundo que mais gera lixo plástico.** 2019. Disponível em: <https://www.wwf.org.br/?70222/Brasil-e-o-4-pais-do-mundo-que-mais-gera-lixo-plastico>. Acesso em: 18 ago. 2022.

YANG, Xi *et al.* **Environmental health impacts of microplastics exposure on structural organization levels in the human body.** Science of The Total Environment, p. 154025, 2022. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2022.154025> Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0048969722011172>. Acesso em: 29 set. 2022.

ZALEWSKA, T.; MACIAK, J.; GRAJEWSKA, A. **Spatial and seasonal variability of beach litter along the southern coast of the Baltic Sea in 2015–2019 -Recommendations for the environmental status assessment and measures.** Science of The Total Environment, v. 774, p. 145716, 2021. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2021.145716>. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S004896972100783X>. Acesso em: 20 ago. 2022.

ZHANG, T. *et al.* **Effects of tree seasonal characteristics on thermal-visual perception and thermal comfort.** *Building and Environment*, v. 212, p. 108793, 2022. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.buildenv.2022.108793>. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0360132322000415>. Acesso em: 19 ago. 2022.

# ESTUDO COMPARATIVO DO IMPACTO AMBIENTAL DOS PROJETOS DE GESTÃO DE RESÍDUOS DE RESÍDUOS SÓLIDOS URBANOS, NO CONTEXTO BAIXADA SANTISTA

*Data de aceite: 01/11/2022*

**Bruno Eduardo Baptista Rodrigues  
Torres**

Universidade Federal de São Paulo

**Luis Gustavo Bet**

Universidade Federal de São Paulo

**RESUMO:** A questão dos resíduos sólidos urbanos (RSU) vem se tornando uma das problemáticas mais presentes nas gestões públicas atuais. Mesmo após dez anos da instituição da Lei Federal nº 12.305/10, a Política Nacional de Resíduos Sólidos (PNRS), ainda existem diversas lacunas que precisam ser preenchidas para que as diretrizes e valores ligados às práticas mais sustentáveis e responsáveis sejam colocados em prática. Diante desse cenário, a região da Baixada Santista enfrenta problemas decisivos e complexos frente ao gerenciamento resíduos sólidos urbanos, pois o Sítio das Neves, maior aterro sanitário da região, está com a sua vida útil praticamente esgotada, sendo necessário a busca de solução para a destinação final compatível com as especificidades da região. Algumas propostas apresentadas

geram uma discordância entre os tomadores de decisão, sociedade civil e o setor privado sobre qual a solução mais sustentável a ser implementada. O presente estudo investigou as principais soluções discutidas, propondo uma metodologia comparativa que utiliza como variável central as emissões de CO<sub>2</sub> equivalente para cada solução. As soluções analisadas foram: ampliação do Aterro Sítio das Neves, URE Valoriza Santos e Disposição Intermunicipal em aterro sanitário localizado no município de Mauá - SP. De forma geral, o estudo conclui que não existe uma solução única para a resolução da problemática da gestão de resíduos sólidos urbanos no contexto Baixada Santista (BS), mas sim soluções múltiplas que podem ser melhor desenvolvidas dentro de uma cadeia de realizações.

**PALAVRAS-CHAVE:** Gestão pública, políticas públicas, modelos de gestão pública, gestão pública territorial, governança, participação, atores, território.

## COMPARATIVE STUDY OF THE ENVIRONMENTAL IMPACT OF SOLID URBAN WASTE MANAGEMENT PROJECTS IN THE BAIXADA SANTISTA CONTEXT

**ABSTRACT:** The issue of urban solid waste (USW) has become one of the most present problems in current administrations. Even ten years after the institution of Federal Law No. 12,305 / 10, the National Solid Waste Policy (PNRS), several gaps still require diligence to put more sustainable and responsible guidelines and values into practice. In this scenario, the Baixada Santista region faces decisive and complex problems concerning the management of urban solids, as the Sítio das Neves, the largest landfill in the region, has practically exhausted its life cycle requiring a new disposal solution meeting the region specific features. Some proposed proposals generate disagreement among decision-makers, civil society, and the private sector about implementing the most sustainable solution. The present study investigated some proposed solutions based on a comparative methodology that uses the equivalent CO<sub>2</sub> emissions as a central variable. The solutions analyzed were the Energy Recovery Unit Valoriza Santos, expansion of the Sítio das Neves Landfill and waste transfer to intercity Disposition into a landfill located Mauá – SP, 30km away from the largest city of Baixada Santista region. In general, the study concludes that there is not only a single solution to solve the solid waste management in the Baixada Santista (BS) context, but multiple solutions that can be better developed within a chain of achievements.

**KEYWORDS:** Public management, public policies, public management models, territorial public management, governance, participation, actors, territory.

### INTRODUÇÃO

Sem dúvida, as pautas ligadas às mudanças climáticas estão cada vez mais presentes nas principais agendas dos estados ao longo do mundo. A importância da discussão acerca desta temática cresce ao longo dos últimos anos com o processo acelerado de industrialização e desenvolvimento tecnológico dos centros urbanos, e o crescimento das emissões de Gases do Efeito Estufa (GEE) para a atmosfera terrestre. O excesso das emissões intensifica o Aquecimento Global, que por consequência maior, afetam a ocorrência de fenômenos climáticos, como: eventos extremos (intensidade e frequência), derretimento de calotas polares, aumento do nível dos oceanos, fragilização de ecossistemas e diversos outros impactos socioeconômicos (IPCC, 2014).

A questão dos resíduos sólidos urbanos (RSU) é uma das questões mais críticas para a gestão pública brasileira, mesmo após 10 anos da instituição da Lei Federal nº 12.305/10, a Política Nacional de Resíduos Sólidos (PNRS), ainda existem diversas lacunas que precisam ser preenchidas para que as diretrizes e valores ligados às práticas mais sustentáveis e responsáveis sejam colocados em prática (BRASIL, 2010).

As deficiências estruturais do saneamento brasileiro se manifestam principalmente nas esferas municipais. A região metropolitana da Baixada Santista (RMBS), por exemplo, vem enfrentando problemas decisivos e complexos frente ao gerenciamento dos resíduos sólidos urbanos (RSU) ao longo dos últimos anos. O Aterro Sanitário Sítio das Neves,

localizado na área continental do município de Santos, é o maior na região e recebe os resíduos produzidos por quase 1,5 milhão de pessoas de sete das nove cidades da na RMBS. A deposição de RSU neste aterro vem enfrentando diversos problemas operacionais decorrentes do fato que a sua vida útil está praticamente esgotada. No entanto, a operação do aterro vem sendo mantida pela empresa Terrestre Ambiental - pertencente ao grupo Terracom responsável pela limpeza urbana e coleta de lixo na maioria das cidades da região – que refaz e ajusta os cálculos de capacidade. É notório a demanda por uma nova e urgente solução de destinação final de RSU compatível com a realidade da região de grande importância econômica e social do estado de São Paulo (ISA, 2017).

Dada sua importância tanto em nível regional quanto nacional, e a constante demanda da sociedade civil para atendimento da regulamentação estabelecida para a gestão de RSU, a RMBS busca uma solução sustentável para a disposição de resíduos em conformidade com as especificidades regionais. Alguns projetos de disposição final de RSU, estão em pauta na atualidade e três delas se destacam neste contexto. A primeira é a ampliação do Aterro Sítio das Neves. A segunda, refere-se ao consórcio de empresas privadas, denominado Valoriza Santos, responsável pela construção de uma unidade de recuperação energética (URE) no aterro Sítio das Neves. E por fim, a terceira proposta que ainda se refere a tecnologia de URE, mas neste caso os RSU gerados seriam direcionados e reaproveitados no município de Mauá, na RMSP. As propostas geram discordância entre os tomadores de decisão, sociedade civil e o setor privado sobre qual a solução mais sustentável a ser implementada.

Os impactos associados a cada uma das propostas de gerenciamento dos RSU devem ser analisados com base em conhecimento atual sobre a temática e traduzidos de forma responsável e transparente para a sociedade. Assim, o objetivo principal do estudo foi de contribuir nesta discussão por meio de análise das soluções de destinação de resíduos sólidos urbanos em pauta para a Baixada Santista considerando as emissões de CO<sub>2</sub> equivalente como variável chave, com intuito de prover informações para suporte da tomada de decisão sobre aquela que se apresenta mais adequada para a realidade da regional.

## MATERIAL E MÉTODOS

### Área de estudo:

#### *Estimativa das emissões de Gases de Efeito Estufa*

As soluções para o gerenciamento do RSU considerados nesse estudo dizem respeito a: Ampliação do Aterro (Projeto 1), implantação da URE Valoriza Santos (Projeto 2) e o Transporte dos RSU para a URE Mauá (Projeto 3). Essas soluções envolvem características pontuais e funcionalidades distintas, o que exige por sua vez, uma metodologia de elaboração do Balanço Total de Emissões de CO<sub>2</sub> (BTE) que relacione a conjuntura de toda a cadeia logística e operacional do projeto.

O Balanço Total de Emissão de CO<sub>2</sub> para o Projeto 1 considerou as seguintes condições:

- Emissão Rodoviária SN (Bloco A): estimativa de emissões devidas ao transporte do RSU considerando a distância percorrida entre a localização do aterro e sete dos nove municípios que compõem a RMBS (mensurado via Google Earth), em função do fator de emissão de CO<sub>2</sub> por km dos caminhões movidos a Diesel de 0,770 kg CO<sub>2</sub>/km (ALVARES, 2001);
- Emissão Aterro (Bloco C): estimativa do balanço de emissões de CO<sub>2</sub> Equivalente produzido pelo aterro até o horizonte de projeto de 2030 estimada a partir do emprego da Calculadora GHG Protocol (FGV, 2008). A série histórica de geração total de RSU (t/ano) disponível no acervo histórico do Sistema Nacional de Informações Sanitárias (SNIS, 2021) foi utilizada para alimentar a estimativa numérica realizada com o aplicativo disponível para uso público.

Para o Projeto 2, o Balanço Total de Emissão de CO<sub>2</sub> (BTE) foi estimado a partir:

- Emissão Rodoviária SN (Bloco A): estimativa de emissões devidas ao transporte do RSU considerando a distância percorrida entre a localização da URE Sitio das Neves e sete dos nove municípios que compõem a RMBS (mensurado via Google Earth), em função do fator de emissão de CO<sub>2</sub> por km dos caminhões movidos a Diesel de 0,770 kgCO<sub>2</sub>/km (ALVARES, 2001);
- Emissão URE (Bloco D): estimativa da emissão de CO<sub>2</sub> Equivalente produzida pelo empreendimento com base no fator de emissão de 0,458 ton CO<sub>2</sub>/ton RSU, apresentada pelo relatório UK Waste Incineration Network (UK WIN, 2018).

E para o Projeto 3, o Balanço Total de Emissão de CO<sub>2</sub> (BTE) foi estimado a partir:

- Emissão Rodoviária Mauá (Bloco B): estimativa de emissões devidas ao transporte do RSU considerando a distância percorrida entre a localização da URE Mauá e sete dos nove municípios que compõem a RMBS, em função da emissão de CO<sub>2</sub> por km dos caminhões movidos a Diesel. A quilometragem foi mensurada a partir de imagens de satélites;
- Emissão URE (Bloco D): estimativa da emissão de CO<sub>2</sub> Equivalente produzida pelo empreendimento com base no fator de emissão de 0,458 ton CO<sub>2</sub>/ton RSU, apresentada pelo relatório UK Waste Incineration (UK WIN, 2018).

Os valores estimados de emissão de CO<sub>2</sub> equivalente foram comparados entre si para a construção da análise. A Figura 1 ilustra de forma esquemática a dinâmica do método empregado. É válido destacar que tanto para o Projeto 1, quanto para o Projeto 2, as emissões de CO<sub>2</sub> das UREs foram idênticos uma vez que as duas unidades adotaram a mesma tecnologia, e a quantidade de resíduos a ser processada como combustível também é a idêntica.

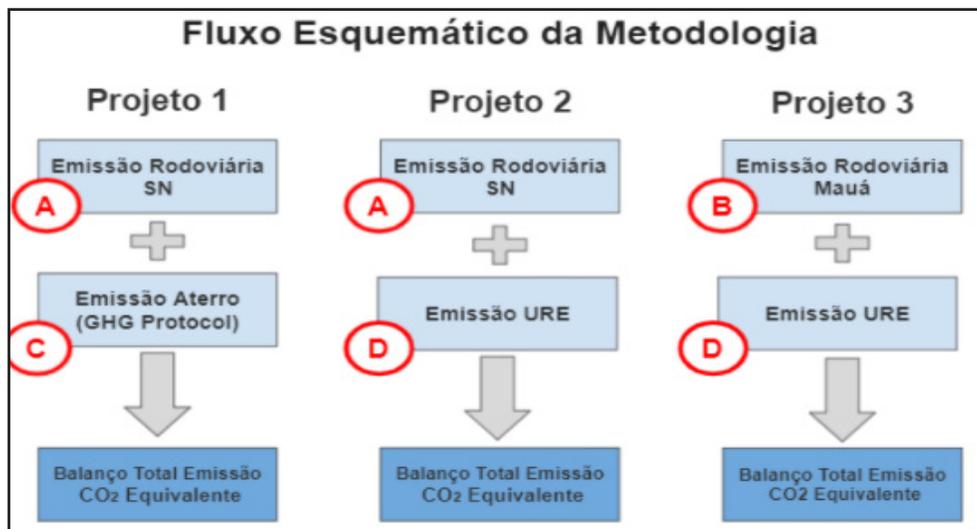


Figura 1 - Fluxo Esquemático do método de pesquisa

Fonte: Próprios autores

## RESULTADOS

A Tabela 1 mostra os resultados encontrados referentes ao Balanço Total de Emissão de CO<sub>2</sub> Equivalente, para cada um dos projetos.

Emissão Total em CO <sub>2</sub> Equivalente (Toneladas)		
Projeto 1	Projeto 2	Projeto 3
Emissão Rodoviária SN (Bloco - A)	Emissão Rodoviária SN (Bloco - A)	Emissão Rodoviária Mauá (Bloco - B)
59.585	59.585	106.042
Emissão Aterro (Bloco - C)	Emissão UHE (Bloco - D)	Emissão UHE (Bloco - D)
678.874	2.751.618	2.751.618
Balanço Total de Emissão	Balanço Total de Emissão	Balanço Total de Emissão
<b>738.459</b>	2.811.203	2.917.245

Tabela 1 – Quadro comparativo BTE de CO<sub>2</sub> Equivalente

Fonte: Próprios Autores.

## DISCUSSÃO

Analisando os resultados encontrados a partir da metodologia proposta para o Balanço Total de Emissão de CO<sub>2</sub> Equivalente (BTE), é possível observarmos que o Projeto 1 é aquele que acarreta menor emissão de CO<sub>2</sub> Equivalente. A estimativa fornecida pelo BTE indica que o Projeto 1 emitirá 26,3% da emissão do Projeto 2 e 25,31% da emissão

do Projeto 3. Proporcionalmente, os Projetos 2 e 3, colaboram aproximadamente 3,9 vezes mais para as emissões associadas ao aquecimento global, que o Projeto 1.

Um aspecto que aponta uma fragilidade de informações presentes no EIA/RIMA para URE Valoriza Santos é que o documento, com mais de 500 páginas desenvolvido por especialistas ambientais, não descreve o estudo de impacto causado pela emissão de gases de efeito estufa pelo empreendimento e o respectivo fator de emissão de CO<sub>2</sub> considerando as tecnologias adotadas e as características do RSU utilizado na alimentação da planta. Não é possível conceber um empreendimento baseado no processo químico de combustão que não acarrete emissões de gases de efeito estufa de modo que há necessidade de maior transparência e clareza de informações relativas às estimativas de emissões dos principais GEE.

Durante a audiência pública registrada pelo CONSEMA, dúvidas quanto a validade das informações disponibilizadas sobre a qualidade do ar presentes no estudo EIA/RIMA da URE Valoriza Santos foram apresentadas e contextualizadas por membros da sociedade civil. Os comentários reforçam a evidência das lacunas de informações descritas. Em resposta aos questionamentos, um representante da parte dos interessados pelo empreendimento afirmou de forma contraditória que “as emissões da URE atenderão, integralmente, os limites estabelecidos em resolução própria ... Ao contrário de vários entendimentos externados na audiência, a tecnologia empregada não emite gás de efeito estufa, o gás metano, mas sim, um pouco de CO<sub>2</sub>” (AUDIÊNCIA PÚBLICA, 2020b). Como pode ser a emissão de GEE na URE considerada inexpressiva sem evidenciá-la no estudo.

A tecnologia adotada nas UREs presentes nos Projetos 2 e 3, além de emitirem uma grande quantidade de GEE, também lançam para atmosfera outras substâncias tóxicas para a saúde dos sistemas biológicos. Segundo o EIA/RIMA Valoriza Santos, são previstas emissões de Material Particulado (PM10), NO<sub>2</sub>, SO<sub>2</sub>, HCl, HF, CO, Hidrocarbonetos Totais (HCT), Hg, entre outros compostos como as Dioxinas e Furanos. É interessante destacar que as previsões dos estudos disponibilizados pelos empreendedores apontam valores pouco abaixo dos limites de emissão ou estão exatamente no limite de emissão previstos pela legislação para os gases e particulados mencionados acima. Entretanto, essas estimativas de concentração de emissão de substâncias tóxicas são delicadas, pois a composição gravimétrica dos RSU é (ou será) modificada diariamente em função dos RSU coletados nos municípios e entregues para a queima. Há necessidade de maior esclarecimento sobre a metodologia adotada para determinação das estimativas apresentadas uma vez que a previsão de concentração de emissão cravada nos limites previstos pela legislação não permite variações durante a operação caso sejam registradas alterações que não estavam previstas nos estudos.

Buscando entender um pouco mais sobre as quantidades e as consequências da exposição a essas substâncias, estimamos as prováveis emissões a partir dos fatores de emissão oferecidos pelo próprio EIA/RIMA do empreendimento para o horizonte de 10 anos (Tabela 2). Embora a emissão estimada desses poluentes seja significativamente menor que as emissões previstas de GEE para os projetos dois e três, os valores em toneladas

acumuladas nos mostram que é necessário nos atentarmos a esse passivo ambiental, pois de acordo com a Tabela 2, a exposição desses compostos aos sistemas biológicos pode ocasionar diversas consequências.

<b>Compostos</b>	<b>Emissão total 10 anos (ton)</b>	<b>Literatura</b>	<b>Possíveis consequências devido a exposição</b>
MP10	56,76	Alpert et al., 2021; Saldiva et al., 1995;	Intensificam processo inflamatório das células do pulmão/ Aumentam o risco de mortes por doenças cardiovasculares / Entupimento das vias aéreas
NOx e SOx	416,27 e 249,13	Amoatey et al., 2019; Ghozikali et al., 2014;	Irritação dos olhos, nariz, garganta e pulmão / Manchas e queimadura na pele / Inflamação do trato respiratório e pulmão / Edema pulmonar
CO	555,03	Munawer, 2018	Estresse oxidativo / Irritação do trato pulmonar e pulmão
D&F	555,03	Assunção e al., 1999	Cânceres, efeitos reprodutivos e no desenvolvimento, deficiência imunológica, disfunção endócrina incluindo diabetes mellitus, níveis de testosterona e do hormônio da tireoide alterados, danos neurológicos incluindo alterações cognitivas e comportamentais em recém-nascidos de mães expostas à dioxina, danos ao fígado, elevação de lipídios no sangue, o que se constitui em fator de risco para doenças cardiovasculares e danos à pele

Tabela 2 - Consequência a exposição principais às substâncias tóxicas previstas pela emissão

Fonte: Próprios Autores

Os questionamentos sobre as emissões e o respectivo impacto decorrem da falta de informações objetivas sobre a metodologia adotada e resultados obtidos e comparadas com outras alternativas de disposição de RSU e de geração de energia para atender as demandas regionais. A implantação de uma URE pode ser a melhor alternativa para a disposição de RSU para a região, mas a escassez de informações produz questionamentos da sociedade que postergam a implantação de uma solução ótima e de vida útil longa para este importante problema regional.

Segundo a Diretiva de Energia Renovável da Comissão Europeia define-se “energia de fontes renováveis” apenas as fontes não fósseis, nomeadamente “Energia eólica, solar, aerotérmica, geotérmica, hidrotérmica e oceânica, energia hidrelétrica, biomassa, gás de aterro, gás de estação de tratamento de esgoto e biogás” (ECRED, 2009). Nesse sentido, uma quantidade considerável de material em nossos resíduos não é renovável. Em seu recente documento Energy from Waste: a Guide to the Debate, a Defra (Department for Environment Food & Rural Affairs) reconhece esta definição ao afirmar que: “A energia de resíduos residuais é apenas parcialmente renovável devido à presença de carbono de base fóssil nos resíduos, e apenas a contribuição de energia da porção biogênica é contabilizada para as metas de energia renovável (e apenas este elemento é elegível para

incentivos financeiros renováveis).” (DEFRA, 2014). Dessa forma, torna-se contestável as afirmações dos defensores do empreendimento que comparam a tecnologia da URE a fontes notavelmente renováveis. Uma afirmação como essa pode gerar uma desinformação intencional.

É válido destacar que os Projetos 2 e 3, seguem na contramão da Política Nacional de Resíduos Sólidos (PNRS), a qual estimula a coleta seletiva, criação de cooperativas e tratamento de matéria orgânica por processos ambientalmente corretos, pois ao se estabelecerem cadeias de reciclagem e compostagem estruturadas, diminui-se a quantidade de resíduos a serem incinerados, conseqüentemente, diminui-se a potência instalada do empreendimento e seu retorno financeiro promovido pela venda da energia. Embora seja possível defender a ideia de que a utilização das URE não prejudica a cadeia da reciclagem, pois segundo ABREN (Associação Brasileira de Recuperação Energética de Resíduos), em um de seus eventos públicos, evidencia que os países que mais utilizam a tecnologia, são aqueles que possuem cadeias de reciclagem maiores e consolidadas (ABREN, 2020). Porém, realidade brasileira é completamente diferente. Muito precisa ser construído e consolidado antes de nos compararmos a países desenvolvidos com pequenos territórios e pequenas populações.

A falta de transparência de informações nos estudos de impactos ambientais, soma-se a ideia de que as ações ambientais legais estão sendo dirigidas de forma parcial, onde o interesse primordial é mascarar os impactos negativos do empreendimento, promover a tecnologia de URE com a concessão da gestão de RSU em um número reduzido de empresários que poderão explorar a venda da energia gerada reduzindo a possibilidade de benefício social em populações com maior vulnerabilidade econômica e cuja atividade econômica já está baseada na segregação dos resíduos sólidos para reciclagem e reutilização. Diante dessa especulação, pode-se pensar que a reciclagem para os empresários não é lucrativa, pois o interesse maior é a venda de energia, e quanto mais estruturada for a cadeia de reciclagem, menos rejeitos são queimados e menor será a potência instalada do empreendimento.

Os aspectos positivos promovidos pela URE (Projeto 2 e 3) se sustentam na fragilidade do Projeto 1. Em termos da complexidade espacial do uso e ocupação do solo da BS, o Projeto 3 encontra-se em outro município e o Projeto 2 utiliza uma pequena unidade de área que se encontra no mesmo perímetro do atual aterro sanitário do Sítio das Neves. Sendo assim, a necessidade de uma pequena unidade de área fortalece o empreendimento da URE, pois a expansão do aterro do Sítio das Neves é muito delicada.

Segundo o zoneamento continental do município de Santos (Figura 2), o local onde o aterro está localizado (região roxa - estrela vermelha) margeia regiões de preservação ambiental. Dessa forma, soluções de regularização fundiária para a consolidação expansão demandaria um tempo longo (ZONEAMENTO SANTOS, 2021). Além disso, se faz necessário a supressão de uma grande quantidade de vegetação fixadora de carbono. As estimativas decorrentes dessa supressão é uma limitação desta pesquisa e precisará ser considerada em estudo futuro.

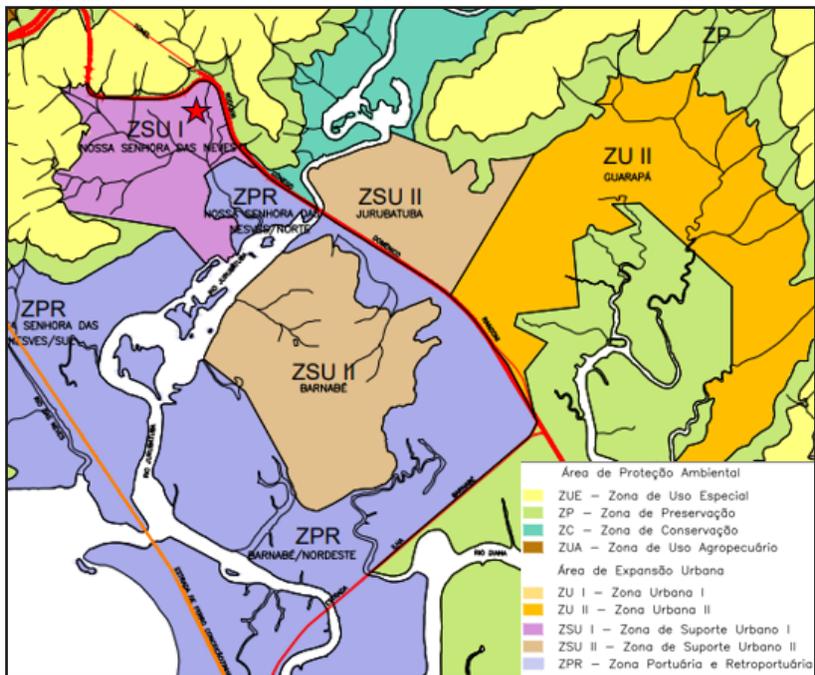


Figura 2- Mapa do Zoneamento Continental Santos

Fonte: Carta de Zoneamento Continental, Prefeitura de Santos 2021.

A Tabela 3 resume os principais aspectos dos três projetos em discussão neste estudo. A geração de eletricidade é um argumento favorável à implementação dos Projetos 2 e 3, uma vez que a capacidade instalada de 50 MWh produzirá energia suficiente para atender a população santista cujo consumo anual, segundo a prefeitura municipal, foi de 46 MWh em 2018 (SANTOS, 2018).

	Vantagens	Desvantagens
<b>Projetos 1</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>menor emissão de GEE;</li> <li>custo menor;</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>questão fundiária problemática;</li> <li>emissão de GEE;</li> </ul>
<b>Projetos 2 e 3</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>geração de energia;</li> <li>unidade de área reduzida;</li> <li>demanda por mão de obra qualificada;</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>maior emissão de GEE;</li> <li>dados/estudos suspeitos;</li> <li>formação de lobby político;</li> <li>possibilidade de enfraquecimento da cadeia de reciclagem gestão de RS;</li> <li>custo inicial elevado;</li> </ul>

Tabela 3 - Comparação aspectos identificados dos projetos

Fonte: Próprios Autores

## CONCLUSÃO

Diante da delicada situação atual da gestão de RSU no contexto BS, o estudo buscou refletir sobre o aspecto ambiental dos projetos, tendo como base o Balanço Total de Emissão de CO2 Equivalente, fornecendo subsídios para facilitar o processo de tomada de decisão dos representantes das políticas públicas da região.

Dentro deste contexto, precisamos ter em mente que não existe uma única solução para o tratamento e destinação final dos RSU da RMBS e que todo e qualquer tipo de empreendimento para geração de energia ou gestão de RSU produz impactos ambientais que precisam ser adequadamente avaliados para estabelecer estratégias de mitigação adequadas quando a implementação é inevitável. A ampliação do aterro Sítio das Neves (Projeto 1), é aquele com menor emissão de GEE durante a operação, porém é considerado uma tecnologia defasada e que está diretamente relacionada a entraves fundiários em áreas de preservação ambiental. Os Projetos 2 e 3 envolvem a operação de unidades de recuperação energética que possuem uma elevada emissão de GEE. A falta de informações transparentes a respeito das emissões GEE e de outros compostos tóxicos no EIA/RIMA aponta para a necessidade de aprofundar a discussão e, provavelmente determinar as estratégias para otimização da tecnologia no que se refere a quantidade de energia produzida e gestão dos RSU utilizados na queima. As principais vantagens das UREs estão relacionadas ao baixa demanda de espaço físico para implantação e à produção de energia que pode atender a grande parcela da demanda regional. Todavia, a adoção de UREs alimentadas com uso do RSU como combustível para geração de energia pode comprometer a cadeia da reciclagem e contradizer a ideia de desenvolvimento sustentável.

O Projeto 3 em termos de políticas públicas, pode ser uma solução imediata para a questão. Com alto custo a terceirização do passivo ambiental é a que melhor se adequa ao curto prazo para tomada de decisões, mesmo sendo a que mais emite GEE.

A complexidade do contexto regional da Baixada Santista, em termos de densidade populacional elevada, região com presença de mata atlântica e unidades de conservação (UC), exige a adoção de múltiplas soluções para o gerenciamento de RSU incluindo investimento direcionado ao fortalecimento da cadeia de reciclagem e compostagem e à educação ambiental com campanhas de conscientização sobre a segregação de resíduos sólidos. Além disso, é interessante que sejam analisadas outras tecnologias de tratamento térmico de resíduos como a gaseificação e pirólise, por exemplo, dentro de uma logística descentralizada, onde cada município poderia fortalecer a sua própria gestão de RSU.

## REFERÊNCIAS

ABREN. Associação Brasileira de Recuperação Energética de Resíduos. Publicações/Vídeos. "Tratamento Térmico de Resíduos no contexto da COVID-19 Perspectivas e soluções Jurídico-Regulatório" Disponível em: <https://abren.org.br/videos/>. Acesso em: 10 abril. 2021

ALPERT A. P. et al. Estudo sobre: Photolytic radical persistence due to anoxia in viscous aerosol particles. Disponível em: <https://www.nature.com/articles/s41467-021-21913-x>. Acesso em 20 abril, 2021.

ÁLVARES JR, O.M.; LINKE, R.R.A. Metodologia simplificada de cálculo das emissões de gases do efeito estufa de frotas de veículos no Brasil. São Paulo: CETESB, 2001. 10 p. Disponível em: <https://edisciplinas.usp.br/mod/resource/view.php?id=352369&forceview=1>. Acesso em: 10 de jan. 2021.

AMOATEY, P. et al. Emissions and exposure assessments of SOX, NOX, PM10/2.5 and trace metals from oil industries: a review study (2000 - 2018). *Process Safety And Environmental Protection*, [S.L.], v. 123, p. 215-228, mar. 2019. Elsevier BV. <http://dx.doi.org/10.1016/j.psep.2019.01.014>. Acesso em: 12 abril 2021.

ASSUNÇÃO J.V. et al. Estudo sobre: Dioxinas e Furanos: Origens e Riscos 1999. Disponível em: <https://www.scielo.org/article/rsp/1999.v33n5/523-530/>. Acesso em 13 abril, 2021.

AUDIÊNCIA PÚBLICA. 2020 a. Comentário feito na audiência pública EIA/RIMA Valoriza Santos. Página 28. Disponível em: [https://smastr16.blob.core.windows.net/consema/sites/15/2020/12/ata-ap\\_ure-valoriza-santos\\_01.10.2020.pdf](https://smastr16.blob.core.windows.net/consema/sites/15/2020/12/ata-ap_ure-valoriza-santos_01.10.2020.pdf). Acesso em: 10 de abril 2021.

AUDIÊNCIA PÚBLICA. 2020 b. Comentário feito na audiência pública EIA/RIMA Valoriza Santos. Página 36. Disponível em: [https://smastr16.blob.core.windows.net/consema/sites/15/2020/12/ata-ap\\_ure-valoriza-santos\\_01.10.2020.pdf](https://smastr16.blob.core.windows.net/consema/sites/15/2020/12/ata-ap_ure-valoriza-santos_01.10.2020.pdf). Acesso em: 10 de abril. 2021.

BRASIL. Lei no 12.305, de 02 de agosto de 2010. Institui a Política Nacional de Resíduos Sólidos; altera a Lei no 9.605, de 12 de fevereiro de 1998; e dá outras providências. *Diário Oficial da União*, Brasília, 02 ago. 2010. Disponível em: [https://www.planalto.gov.br/ccivil\\_03/\\_ato2007-2010/2010/lei/l12305.htm](https://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2007-2010/2010/lei/l12305.htm). Acesso em: 10 de jan. 2021.

DEFRA. Department for Environment Food & Rural Affairs. Energy recovery for residual waste a carbon based modelling approach, 2014. Disponível em: <http://randd.defra.gov.uk>. Acesso em: 10 de abril. 2021.

EUROPEAN COMMISSION RENEWABLE ENERGY DIRECTIVE – ECRED. On the promotion of the use of energy from renewable sources and amending and subsequently repealing. Directives 2001/77/EC and 2003/30/EC. Article 2, Definitions. 2009. Disponível em: [L\\_2009140EN.01001601.xml](L_2009140EN.01001601.xml) (europa.eu). Acesso em: 13 abril 2021.

FUNDAÇÃO GETÚLIO VARGAS. Programa Brasileiro GHG Protocol – Calculado de Emissão de GEE, 2008. Disponível em: <https://eaesp.fgv.br/centros/centro-estudos-sustentabilidade/projetos/programa-brasileiro-ghg-protocol>. Acesso em: 10 de jan. de 2021.

GHOZIKALI, M. G. et al. Effect of exposure to O3, NO2, and SO2 on chronic obstructive pulmonary disease hospitalizations in Tabriz, Iran. *Environmental Science And Pollution Research*, [S.L.], v. 22, n. 4, p. 2817-2823, 13 set. 2014. Springer Science and Business Media LLC. <http://dx.doi.org/10.1007/s11356-014-3512-5>. Acesso em 12 de abril, 2021.

INTERNACIONAL PANEL ON CLIMATE CHANGE. Mudanças Climáticas 2014: Relatório de Síntese. Quinto Relatório de Avaliação para o Painel Intergovernamental sobre Mudanças Climáticas. Disponível em: <https://archive.ipcc.ch/report/ar5/wg3/>. Acesso em: 28 de jan. 2021. (Capítulo Approaches to climate change mitigation).

INSTITUTO SOCIOAMBIENTAL. Reportagem: Aterro Sanitário do Sítio das Neves deve receber lixo até 2019. Disponível em: <https://uc.socioambiental.org/noticia/184255>. Acesso em: 14 de jan. 2021.

MUNAWER, M. E. Human health and environmental impacts of coal combustion and post-combustion wastes. *Journal Of Sustainable Mining*, [S.L.], v. 17, n. 2, p. 87-96, 2018. Elsevier BV. <http://dx.doi.org/10.1016/j.jsm.2017.12.007>. Acesso em 13 abril, 2021.

SALDIVA, P. H. N et al. Air Pollution and Mortality in Elderly People: a time-series study in sao paulo, brazil. *Archives Of Environmental Health: An International Journal*, [S.L.], v. 50, n. 2, p. 159-163, abr. 1995. Informa UK Limited. <http://dx.doi.org/10.1080/00039896.1995.9940893>.

SANTOS. Consumo municipal de energia elétrica, 2018. Disponível em: <https://www.santos.sp.gov.br/?q=noticia/mais-de-80-dos-pontos-de-iluminacao-de-santos-ja-foram-modernizados>. Acesso em: 13 abril. 2021.

SISTEMA NACIONAL DE INFORMAÇÕES SANITÁRIAS. Diagnóstico anual de resíduos sólidos – acervo histórico, 18 anos de dados. 2021. Disponível em: <http://www.snis.gov.br/diagnosticos/residuos-solidos>. Acesso em 12 jan. 2021.

UNITED KINGDOM WITHOUT INCINERATION NETWORK. Evaluation of the climate change impacts of waste incineration in the United Kingdom. Disponível em: [UKWIN-2018-Incineration-Climate-Change-Report.pdf](#). Acesso em: 10 de jan. 2021. 29 p.

ZONEAMENTO SANTOS. Lei de Uso e Ocupação do Solo - RenovaSantos. Material de Apoio. Área Continental. Anexo I. Disponível em: <https://www.santos.sp.gov.br/?q=institucional/lei-de-uso-e-ocupacao-do-solo-renovasantos>. Acesso em: 13 abril. 2021.

# GESTÃO E SUSTENTABILIDADE DO SEGMENTO APÍCOLA EM COMUNIDADES RURAIS DO CEARÁ

*Data de aceite: 01/11/2022*

### **Jose Edivaldo Rodrigues dos Santos**

Centro Universitário Católica de Quixadá –  
UNICATÖLICA  
Quixadá – CE  
<http://lattes.cnpq.br/9985326090933048>

### **Daniel Paiva Mendes**

Centro Universitário Católica de Quixadá –  
UNICATÖLICA  
Quixadá – CE  
<http://lattes.cnpq.br/3504886289884249>

### **Sérgio Horta Mattos**

Centro Universitário Católica de Quixadá –  
UNICATÖLICA  
Quixadá – CE  
<http://lattes.cnpq.br/1564475788092552>

**RESUMO:** O estudo tem como objetivo principal analisar a gestão da produção apícola em comunidades rurais de apicultores familiares. A pesquisa qualitativa de cunho exploratória e descritiva foi realizada nas comunidades rurais de apicultores familiares nos municípios de Viçosa do Ceará, Ibicuitinga e Quixadá. A pesquisa de campo foi realizada em etapas: Inicialmente os apicultores familiares participaram de um curso de formação

oferecido pelo Serviço Nacional de Aprendizagem Rural – SENAR, tendo como instrutor o autor principal desse estudo, vinculado a Cooperativa de Trabalho para a Prestação de Serviços e Assistência Técnica (COCEPAT). A segunda etapa da pesquisa foi realizada através de observações das atividades do manejo, no período de agosto a novembro de 2019. E por último, foram realizadas entrevistas semiestruturadas com os apicultores. Os resultados mostram que a maioria dos apicultores iniciaram na atividade em virtude de cursos de capacitação e de incentivos de instituições; a produção apícola tem suas etapas bem definidas, porém, algumas não são de conhecimento por parte dos apicultores; existe uma divisão de opiniões sobre qual etapa requer mais mão de obra e qual é a mais importante; a gestão e o controle da produção ainda se dá de maneira simples e precária; o mel produzido é armazenado em embalagens que visam atender ao mercado local como também a indústria. Concluiu-se que a gestão da atividade apícola nas comunidades rurais estudadas é deficitária e que a sustentabilidade do segmento está ameaçada principalmente por este motivo

aliado a fatores climáticos e a falta de assistência técnica.

**PALAVRAS-CHAVE:** Apicultores familiares. Atividades de manejo. Produção apícola.

## MANAGEMENT AND SUSTAINABILITY OF THE APICULTURAL SEGMENT IN RURAL COMMUNITIES IN CEARÁ

**ABSTRACT:** The main objective of the study is to analyze the management of bee production in rural communities of family beekeepers. The exploratory and descriptive qualitative research was carried out in rural communities of family beekeepers in the municipalities of Viçosa de Ceará, Ibicuitinga and Quixadá. The field research was carried out in stages: Initially, family beekeepers participated in a training course offered by the National Rural Learning Service - SENAR, with the main author of this study as an instructor, linked to the Work Cooperative for the Provision of Services and Assistance Technique (COCEPAT). The second stage of the research was carried out through observations of the management activities, from August to November 2019. And finally, semi-structured interviews were conducted with beekeepers. The results show that the majority of beekeepers started in the activity due to training courses and incentives from institutions; beekeeping has its stages well defined, however, some are not known by beekeepers; there is a division of opinions about which stage requires more labor and which is the most important; production management and control is still simple and precarious; the honey produced is stored in packaging aimed at serving the local market as well as the industry. It was concluded that the management of beekeeping activity in the rural communities studied is deficient and that the sustainability of the segment is threatened mainly by this reason combined with climatic factors and the lack of technical assistance.

**KEYWORDS:** Family beekeepers. Management activities. Apiculture production.

## 1 | INTRODUÇÃO

O agronegócio brasileiro tem como grande desafio acompanhar os avanços tecnológicos para se manter competitivo nesse novo mercado. Com os empreendimentos rurais familiares essa realidade não é diferente. O agronegócio de subsistência rural tem a missão de buscar uma gestão mais eficiente para que possa garantir a sua sustentabilidade (LIMA et al. 2018). Diante desse cenário, percebe-se a necessidade das propriedades rurais, em especial as que trabalham com negócios apícolas, serem gerenciadas de maneira mais eficiente. Nessa perspectiva, uma boa gestão da produção apícola em comunidades rurais de apicultores familiares contribuiria para a subsistência da atividade.

De acordo com a EMBRAPA (2007), apicultura é uma atividade rural que tem como propósito a criação racional de abelhas para fins de produção. É uma atividade lucrativa que pode trazer diversas vantagens para os produtores. A convivência do homem com as abelhas já ocorre desde muito tempo, e elas trazem benefícios para a humanidade, como a polinização das flores, favorecendo a multiplicação das espécies de plantas das regiões por onde elas habitam (AMORIM; VIEIRA, 2016).

Em 2019 a China encabeçou a produção mundial de mel sendo responsável por

29,2% de todo o mel produzido, sendo seguido por Turquia, Argentina, Índia, Irã, México, Ucrânia, Etiópia, Rússia e o Brasil, em décimo lugar (FAO. 2019).

No Brasil há produção de mel em todas as regiões, sendo o Rio Grande do Sul o principal produtor nacional, com 37 mil apicultores que produzem 8,5 mil toneladas anuais, concentrando 22,6% do total de colmeias no país com 487 mil caixas. Exporta para 14 países como Estados Unidos, Canadá e China, tendo gerado em 2018 R\$ 11,9 milhões (MALISZEWSKI, 2019).

A região Nordeste é beneficiada pela flora e clima que possui, isso favorece para uma boa produção de mel, como também a competição no mercado externo, pois, o mel produzido no Nordeste tem uma boa qualidade e apresenta um diferencial do produzido nas demais regiões do Brasil, a baixa contaminação por agrotóxicos, visto que, o mel é produzido a partir da mata nativa sendo considerado mel orgânico onde recebe nos Estados Unidos melhor remuneração do que o mel de outros importantes países produtores (VIDAL, 2018).

Poucas regiões do mundo possuem um potencial de produção de mel orgânico comparado ao Nordeste brasileiro, no entanto, o setor apícola dessa região tem passado por sérias dificuldades de produção devido a vários fatores como à restrição hídrica, baixo profissionalismo dos produtores, falta de assistência técnica, de infraestrutura adequada e de comercialização, dentre outros (VIDAL, 2018)

Neste contexto esta pesquisa pretendeu realizar o diagnóstico da gestão da produção apícola de três comunidades rurais localizadas em dois ecossistemas distintos do Ceará, o sertão central seco e a serra úmida, com o propósito de que seus resultados tragam subsídios relevantes para os produtores locais, possibilitando através deste conhecimento mudanças na gestão do negócio e sua sustentabilidade podendo alcançar melhores resultados econômicos, sociais e ambientais.

## 2 | FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

### 2.1 Gestão do agronegócio

Antes de abordar diretamente a Gestão do Agronegócio, se faz interessante ressaltar o que é gestão, e o que é agronegócio, de maneiras separadas para se ter uma base sobre o que é a Gestão do Agronegócio. O termo gestão pode ter diferentes significados, como administrar, dirigir, entre outros, porém, será trabalhado neste estudo o termo administrar. Segundo Maximiano (2002, p. 26):

Administração é o processo de tomar e colocar em prática decisões sobre objetivos e utilização de recursos. O processo administrativo abrange quatro tipos principais de decisões, também chamados de processos ou funções: planejamento, organização, execução e controle (MAXIMIANO; 2002, p. 26).

Essa é uma definição bem ampla sobre o que é a administração e quais etapas ela apresenta. Já se referindo ao termo Agronegócio, temos que é um termo adotado para se referir a toda a cadeia produtiva que envolve a agropecuária, desde a produção à sua

comercialização (PORTAL DO AGRONEGÓCIO, 2019). O agronegócio aqui é tido como a parte final de todo o processo, porém, ele engloba tudo, sendo ele o fim, e as demais atividades produtoras o meio. A partir dessa explanação, pode-se falar sobre a gestão do agronegócio, que, com base na literatura acima, pode ser entendida como o processo que visa o controle sobre a produção do meio rural.

A grande maioria das atividades realizadas no meio rural, se desenvolve, geralmente, de forma não regular, de maneira a proporcionar desafios para a administração, como também intensificar os trabalhos (CALLADO, 2008). Fazer a gestão administrativa da propriedade rural pode fazer com que haja uma atenuação dos trabalhos e, conseqüentemente, melhorias para a produção (CALLADO, 2008). Dentre as atividades do Agronegócio, podemos citar a apicultura, que é uma das atividades que tem se desenvolvido bastante no Brasil e que é vista como promissora (SOARES et al., 2016).

## 2.2 Apicultura no Brasil

O Brasil apresenta uma boa produção de mel em seus diversos biomas, porém, nos últimos anos apresentou uma redução, devido à queda na produção da região Nordeste, decorrente da escassez de chuvas, mas, as regiões Sul e Sudeste apresentaram uma alta na produção, o que fez com que a produção nacional obtivesse uma melhora (SILVA, 2011; VIDAL, 2018). Algumas características específicas do Brasil, tais como, flora e clima, são favoráveis para a prática da atividade apícola, que apesar de ser pouco explorada em algumas regiões, é algo bastante promissor e que traz bons resultados (OLIVEIRA, 2006).

Na região Nordeste, a apicultura é praticada majoritariamente como uma atividade familiar. De acordo com Vidal (2018, p. 1):

A apicultura nordestina é uma atividade de caráter eminentemente familiar e tem se mostrado como uma boa alternativa para a diversificação das fontes de renda no meio rural. A criação racional de abelhas *Apis mellifera* L. é uma das atividades zootécnicas que mais cresceu no Nordeste na década de 2000, por outro lado, foi a que apresentou a maior retração de produção a partir de 2011.

A partir desta afirmação, pode-se concluir que na região Nordeste a apicultura é uma forma de incremento da renda dos pequenos produtores rurais. Através dessa forma diversificadora de renda, os produtores nordestinos conseguiram fazer com que o Nordeste se tornasse um dos maiores produtores de mel do país, isso porque as condições climáticas e da flora da região contribuem para uma boa produção (VIDAL, 2018).

O mel do Nordeste brasileiro é considerado um mel de alta qualidade, visto que apresenta um diferencial a comparar com o mel produzido nas demais regiões do país, a não presença de resíduos antibióticos e baixo índice de contaminação por pesticidas (VIDAL, 2018). Isso eleva a qualidade do mel e faz com que o produto conquiste mercados exigentes e melhores preços.

O mercado do mel hoje está valorizando quem produz de maneira orgânica, livre da contaminação por agrotóxicos ou seres indesejáveis. O produto oriundo de um sistema de produção normatizado e que transmita aos consumidores maiores garantias de qualidade

tem grande aceitação (OLIVEIRA, 2006).

No Ceará a atividade apícola se tornou uma atividade de grande importância para o agronegócio, visto que ela contribui muito para as regiões de pouca renda (SILVA, 2011). De acordo com o IPECE (2015), a cidade do Ceará que mais produziu mel foi Mombaça, uma produção anual de mais de 100.000 kg de mel. Devido sua localização, o Ceará é área propícia para um melhor desempenho da atividade apícola, pois, o semiárido apresenta excelentes condições para a exploração dessa atividade, tendo como pontos fortes a sua flora e o clima (KHAN; MATOS; LIMA, 2009).

Existem hoje no estado, um bom número de pessoas trabalhando nessa atividade, em diversos municípios, produzindo e fazendo girar a economia das regiões produtoras (SILVA, 2011). A cadeia produtiva do mel, ou seja, a apicultura proporciona muitos empregos, como também faz com que haja um maior fluxo de renda (OLIVEIRA, 2006). No Ceará, a apicultura é uma fonte alternativa de renda muito importante para os produtores da agricultura familiar (KHAN; MATOS; LIMA, 2009).

Esses dados mostram o potencial produtivo do estado e o quanto a apicultura é importante para a economia, sendo uma importante ferramenta de distribuição de renda e geração de empregos.

A apicultura hoje é atividade rural incentivada por instituições como o Serviço Brasileiro de Apoio às Micro e Pequenas Empresas (SEBRAE), o Bando Nordeste do Brasil (BNB) e Serviço Nacional de Aprendizagem Rural (SENAR). São instituições que estão atuando de forma a profissionalizar e capacitar os produtores rurais da agricultura familiar, através de cursos e minicursos, em uma atividade rentável e que traz benefícios não só econômicos e financeiros, mas também ambientais, uma vez que a atividade apícola, para que se desenvolva da melhor forma, precisa da preservação do meio ambiente, local de onde as abelhas retiram o seu alimento (SILVA, 2011; SEBRAE, [20--?]; SENAR, 2010; SENAR, 2011).

### *2.2.1 Etapas da produção apícola*

A produção apícola tem a sua divisão dada da seguinte forma: escolha do local, instalação do apiário, povoamento das colmeias, manejo operacional, colheita, armazenamento e comercialização. Essas etapas são as que compõem o processo da produção apícola (SEBRAE, [20--?]).

Para que cada uma das etapas acima descritas possam ocorrer, se faz necessário seguir alguns critérios, que são eles: observar as condições de forrageamento apícola propícias para uma boa produção de néctar e pólen, facilidade de água, topografia do local, distância para residências, estradas (escolha do local do apiário), acessibilidade do local, florada abundante, grande número de operárias em atividade, local sombreado (instalação do apiário), captura de enxame ativo ou passivo, alocar cera alveolada nos quadros da colmeias (povoamento de colmeias), revisões periódicas, troca de cera, colocar melgueiras, analisar a postura da rainha e número de quadros com cria, alimentação de manutenção e estimulante, prevenção contra inimigos naturais (manejo operacional),

colheita e beneficiamento (SENAR, 2011).

A fase de colheita é a etapa que necessita de um maior número de pessoas, visto que somente uma pessoa não consegue realizar o trabalho, pois, é um trabalho muito braçal e que requer um maior esforço por parte de quem o executa (SENAR, 2011). Entre todas as etapas do processo de produção, todas são importantes, porém, existem aquelas que se destacam e dependendo do caso, podem ser vistas como a mais importante ou não, a depender do apicultor, como o manejo que classificado por muitos como a parte que requer mais mão de obra de toda a atividade (SEBRAE, [20--?]; SENAR, 2011). Essas etapas também podem ser consideradas como as mais importantes para a atividade apícola, pois, sem um bom trabalho realizado nessas etapas, a produção pode não apresentar bons resultados (SEBRAE, [20--?]; SENAR, 2010; SENAR, 2011).

De acordo com a Embrapa (2003) e Senar (2010), para que o mel possa conservar suas características físicas e químicas, é preciso que o mesmo seja armazenado de forma correta, em embalagens adequadas e em local higiênico, seco, fresco e protegido de raios solares, onde pode-se citar como exemplo dessas embalagens: baldes virgens e tambores fabricados em aço inox. Deve ter muito cuidado com essa etapa, pois, é ela que vai garantir uma boa qualidade do mel que será comercializado (SILVA, 2011).

Após o término de todas essas etapas chega uma das etapas mais esperadas, se não a mais esperada por todo apicultor, a comercialização. É nessa etapa onde o apicultor irá vender aquilo que produziu e onde subentendesse que ele irá obter o retorno de sua atividade. Os apicultores podem realizar a comercialização do mel produzido de forma direta no mercado local, ou seja, parceria com comerciantes, vendendo o produto de forma fracionada, ou através de associações, onde se poderá vender em maior escala para empresas que fazem a industrialização do produto (SILVA, 2011).

### 2.3 Gestão apícola

Diante do atual cenário em que se encontra o agronegócio, os apicultores precisam de um modelo de gestão que considere o planejamento empresarial, sendo que, tudo que esteja ligado a produção deve ser planejado antecipadamente, de maneira profissional (MARANHÃO; MOREIRA; SILVA, 2016).

Na apicultura, uma forma de gestão é a escrituração zootécnica. De acordo com Souza, 2007, p. 159, escrituração zootécnica “é a anotação de dados referentes à exploração econômica da produção animal. No caso da apicultura, as anotações referem-se ao estado de desenvolvimento das colônias e à produção”. A escrituração é uma forma de manter o controle da produção através de anotações.

As anotações feitas com base na escrituração zootécnica auxiliam a ter o controle da produção e a conhecer os custos que a envolvem (SOUZA, 2007). A escrituração zootécnica se torna para a apicultura, a partir dessa afirmação, uma ferramenta de gestão, pois, com base nela, pode-se fazer a gestão da produção. Para Dantas et al. 2016, para a manutenção do apiário se faz necessário fazer anotações quanto a situação das colmeias.

O controle dos custos é importante para a apicultura, o apicultor deve ter o controle dos seus custos de produção para que possa saber calcular melhor o valor do seu produto

(MARANHÃO; MOREIRA; SILVA, 2016). Para Hofer et al. (2006), utilizar meios que auxiliem no controle e no gerenciamento dos custos, proporciona ao produtor informações suficientes para a tomada de decisão, fazendo assim, que a atividade se torne mais viável.

Amaral (2013), diz que fazer a gestão da produção apícola está relacionado com o controle da produção, controle sanitário e o manejo propriamente dito. Dessa forma, entende-se que a gestão apícola compreende todo o processo de produção e vai desde o manejo à sua colheita.

Alves (2013), aponta que, para a apicultura se desenvolver, se expandir, alcançar maior produção, com melhores resultados é preciso que os produtores tenham conhecimento sobre a sua produção, que os mesmos sejam capacitados e que adotem um modelo de gestão para que assim possa controlar o que produzem. Fica aqui exposto a importância da capacitação e da assistência técnica para a produção no meio rural. Alves (2013), também diz que, a partir do momento em que se começa a fazer a gestão, não só da produção, mas também da qualidade e do processamento do mel, se consegue assim obter competitividade no mercado.

Outra forma de gestão que também pode ser adotada na apicultura é o planejamento estratégico. Para Soares et al. (2016), na apicultura o planejamento estratégico é uma técnica de gestão que estabelece objetivos, metas e ações voltadas para o alcance de um futuro almejado, tudo com base em uma análise do atual cenário no qual se encontra o empreendimento, onde assim, se terá subsídios para a tomada de decisão.

### 3 | METODOLOGIA

A presente pesquisa foi classificada como sendo de natureza qualitativa. De acordo com Gil (1999), pesquisa qualitativa busca a subjetividade das respostas e se interessa pela experiência individual de cada entrevistado. Quanto aos fins, a pesquisa é exploratória e descritiva. Segundo Gil (2002, p. 42), “as pesquisas descritivas têm como objetivo primordial a descrição das características de determinada população ou fenômeno ou, então, o estabelecimento de relações entre variáveis”.

Já quanto aos seus meios, foi uma pesquisa de campo. De acordo com Angrosino (2009), a pesquisa de campo é diferente das demais por ser personalizada, envolve mais de uma técnica de coleta de dados e requer compromisso por parte dos pesquisadores em interagir no ambiente de pesquisa. A pesquisa de campo foi realizada no período de agosto a novembro de 2019 em comunidades rurais de apicultores familiares nos municípios de Viçosa do Ceará, Ibicuitinga e Quixadá, todas localizadas no Estado do Ceará. Para coleta de dados utilizou-se de um diário de campo para que pudessem ser feitas anotações, como também entrevistas semiestruturadas.

As entrevistas foram gravadas, transcritas, analisadas e interpretadas com base na análise de conteúdo de Bardin (2009), que diz que para descrever o conteúdo, serão utilizados procedimentos sistemáticos e objetivos para analisar os dados, fazendo um confronto do material.

Na seção seguinte estão elencados os resultados da pesquisa juntamente com a sua respectiva discussão. Para que as respostas obtidas nas entrevistas que foram realizadas pudessem ser analisadas de forma mais detalhada, foram criadas categorias de análise, derivadas das perguntas que compuseram o roteiro de entrevista.

## 4 | RESULTADOS E DISCUSSÃO

A análise e discussão dos resultados expõem as respostas das entrevistas e observações dos apicultores, divididas por categorias, onde para cada uma dessas categorias foi elaborado um quadro onde é apresentado a categoria de análise e a dimensões das falas de cada produtor. Também será feito uma relação das respostas dos apicultores com a disposição da literatura referente ao assunto e em seguida se tem a discussão feita com base no referencial e com o que foi encontrado nas entrevistas.

No quadro 3, é exposto a maneira como os produtores iniciaram na apicultura, o motivo que os fez ingressar nessa atividade.

<b>Categorias</b>	<b>Dimensões de falas dos entrevistados</b>
Início da atividade apícola	“Começou através de uma capacitação na comunidade oferecidas pela associação parceria pelo Senar”. (Apicultor 01).
	“Tinha interesse pela atividade, mas não tinha conhecimento, e através de cursos oferecido na comunidade, pelo SENAR/SEBRAE”. (Apicultor 02).
	“Iniciei através de amigos em 2006 convidou a trabalhar com abelhas, através de curso no assentamento, que facilitou para realizar o manejo”. (Apicultor 03).
	“A 33 anos participou de curso, UFC quando era meleiro e ganhou um kit de apicultura, antes era penas um meleiro”. (Apicultor 04).
	“Iniciei em parceria com outro apicultor e logo em seguida fez uma capacitação oferecida em parceria com entidades”. (Apicultor 05)
	“Iniciei em 2007 com caixa emprestadas, depois desistiu da atividade, lendo as apostilas de amigos reniciei, e depois fez curso de capacitação”. (Apicultor 06).
	“Iniciei em 2006 através de curso de capacitação, iniciei atividade com 5 caixas”. (Apicultor 07).
	“Através de um amigo para ajuda na mão-de-obra em 2017, onde passou a gostar implantando na propriedade, em 2019 fez a capacitação pelo SENAR”. (Apicultor 08).

Quadro 3 – Categoria início da atividade apícola

Fonte: Dados da pesquisa (2019).

Aqui é possível observar que quase todos os produtores entrevistados ingressaram na apicultura através de cursos de capacitação ofertados por instituições e também por incentivo de outros colegas que tiveram a sua entrada na atividade dada por esse motivo. Notou-se a forte presença e influência dessas instituições no processo de inicialização da apicultura por esses produtores. Existem instituições que são responsáveis por incentivar o ingresso de trabalhadores rurais na atividade apícola, e elas fazem isso através de cursos de capacitação que são ofertados para os produtores para que assim os mesmos possam

adquirir uma nova fonte de renda (SILVA, 2011; SEBRAE, [20--?]; SENAR, 2010; SENAR, 2011).

No quadro 4, pode ser identificado as etapas da produção, a maneira como ocorre o ciclo produtivo do mel, como se inicia a produção e os passos a se seguir para se iniciar a atividade apícola. Com base nas respostas obtidas com a pesquisa, foi identificado que alguns apicultores não fazem a distinção das etapas da produção apícola, o que é considerado por eles como etapa da produção é somente o manejo e a colheita, as demais etapas são desconsideradas. Apenas um produtor descreveu as etapas da maneira como aponta a literatura, os demais relataram apenas as etapas que para eles são as que fazem parte desse processo de produção. Não se pode dizer que os apicultores estejam errados, pois, cada um respondeu à entrevista de acordo com o conhecimento que possui, e isso não pode ser ignorado.

<b>Categorias</b>	<b>Dimensões de falas dos entrevistados</b>
Produção de mel	“Potencial do pasto apícola silvestre, manejos troca de cera e colheitas, na entressafra alimentação, manter os enxames com boa população para maior produtividade no período da floradas no inverno”. (Apicultor 01).
	“Acontecer no período inverno com as floradas, de acordo com inverno poderá ter boa produção, porem se for muito dias sequentes de chuva poderá baixa a produção”. (Apicultor 02).
	“Espera o período do inverno para as floradas, 2 a 3 meses espera boa safra de mel”. (Apicultor 03).
	“Trabalha de forma orgânica, não alimenta abelhas. Faz de maneira natural, espera a época de pico de floradas, quando mel está maduro faz a colheita”. (Apicultor 04).
	“Produção se dá início a escolha do local do apiário, captura de enxame ou iscar naturalmente as colmeias, trocar a cera velhas dos favos, esperar floradas e colheitas, (Captura de enxames, espera de floradas, colheita e manejo) mesmo havendo a floradas se não tiver manejo adequado não terá produtividade”. (Apicultor 05).
	“Espera as floradas no inverno, colheita na casa do mel, depois os manejos de entre safra”. (Apicultor 06).
	“Compra cera alveolada para fazer manejo troca cera escura por cera nova, logo em seguida faz a colheita quando mel está no ponto ideal”. (Apicultor 07).
	“Época das floradas no período inverno, onde ele faz o manejo até a colheita”. (Apicultor 08).

Quadro 4 – Categoria produção de mel

Fonte: Dados da pesquisa (2019).

De acordo com Sebrae ([20--?]), a produção apícola tem o seu processo de produção dividido por etapas e essas etapas compreendem os processos de escolha do local do apiário, instalação do apiário, povoamento das colmeias, manejo operacional, colheita, armazenamento e comercialização. O Senar (2011), coloca que dentro de cada uma dessas etapas estão inseridas ações que são importantes para que a produção obtenha melhores resultados.

A seguir encontra-se o quadro 5, onde expõe as etapas que, segundo os apicultores

entrevistados, são as que mais requerem mão de obra. Aqui se tem uma divisão de opiniões por parte dos apicultores, já que para alguns a colheita requer mais mão de obra, para outro é o manejo e para outros já é no início da atividade, na parte de instalação.

<b>Categorias</b>	<b>Dimensões de falas dos entrevistados</b>
Etapas que requerem maior mão de obra	“No povoamento de colmeias, na colheita requer mais mão-de-obra porque envolver a colheita de melgueiras dos apiários, transportar dos apiários para área de extração do mel, onde se faz o processar e beneficiar do mel e depois desenvolves as melgueiras para o apiário em períodos curto tempo”. (Apicultor 01).
	“Inicia no momento em que você vai instalar o apiário, limpa o terreno para ser montado o apiário, ai já em sim começa a mão de obra, fazer capturas de enxames, mas a questão maior mesmo na apicultura onde ele imagina é na colheita porque o apicultor precisa de mais pessoas para resolver a demanda, porem se não tiver pessoas suficiente acaba perdendo tempo sozinho”. (Apicultor 02).
	“No início porque tem que fazer um investimento na compra de equipamento, adquirir cera de abelhas. Na colheita porque tem que ter parcerias para realização dos trabalhos, onde requer força maior de mão de obra”. (Apicultor 03).
	“A época da colheita, porque requer cuidados fundamentais respeitando as abelhas e os apicultores, saber o ponto certo do mel maduro, ponto de colheita, porque é um trabalho mais pesado no transporte de melgueiras ao local de beneficiamento”. (Apicultor 04).
	“Na época de colheita porque não se faz só o trabalho, que envolver trabalho de campo e na casa do mel precisando de mais pessoas”. (Apicultor 05).
	“Todos os períodos tem trabalho, com revisões sistemáticas, época da colheita requer mais pessoas”. (Apicultor 06).
	“Colheita porque precisa de pessoas pra trabalhar a retiradas de mel e o transporte”. (Apicultor 07).
	“Precisar de capital de investimento, montagem, fabricação de cavaletes, precisar de parcerias na época da colheita porque é período que requer mais mão de obra”. (Apicultor 08).

Quadro 5 – Categoria etapas que requerem maior mão de obra.

Fonte: Dados da pesquisa (2019).

Há ainda quem respondeu que é em todo o processo de produção, o que faz com que não se chegue em uma unanimidade de respostas, mas em uma diferença de opiniões, o que enriquece a pesquisa, já que não se obteve respostas além da literatura, não se teve respostas limitadas e nem tão pouco repetitivas nesse sentido. Conforme o que aponta o Senar (2011), a colheita é a etapa que requer um maior número de mão de obra. Já para o Sebrae ([20--?]), é no manejo que se utiliza um maior número de pessoas.

Durante os dias 29 e 30 de agosto os apicultores 1 e 2 foram acompanhados pelo pesquisador *in loco* em suas práticas de manejos. Nesse período foi observado que as práticas de manejo de entre safra ainda não havia sido iniciada. Essas práticas são importantes para manutenção dos enxames, para que não haja perda devido à escassez de alimento e por ataque de inimigos naturais. Nos dias 20 e 21 de agosto a observação *in loco* foi realizada juntos apicultores 3 e 8. Foi observando que os apicultores estavam se planejando para iniciar o manejo de entre safra. Visando uma maior produtividade, esses manejos devem ser realizados periodicamente. Já o apicultor 4 foi observado

que ele trabalha de forma orgânica, sem realizar manejos operacionais de abertura das colmeias, ele cita que apenas “observa suas colmeias”. Nesse período de entre safra o manejo operacional e alimentar correto são importantes para manutenção dos enxames nos apiários.

No quadro 6 abaixo, estão as respostas referentes a categoria de etapa considerada a mais importante. Nela está exposto a etapa, que para cada apicultor é vista como a mais importante para a produção apícola.

Categorias	Dimensões de falas dos entrevistados
Etapa considerada a mais importante	“Entre safra, práticas de manejo para entrar floradas com os enxames fortes”. (Apicultor 01).
	“Manejo das abelhas para ter uma boa população antes da floradas, manejo na entre safra para se manter forte os enxames para ter grandes produção”. (Apicultor 02).
	“Processo de colheita de mel, precisa de parceria porque requer mais pessoas para as atividades onde uns ajudam os outros”. (Apicultor 03).
	“Época da florada, respeitar o forrageamento apícola, para que os animais de grande porte não pastejem essas áreas, pois no outro dia não existe mais flores porque foram consumidas as flores, isto pode diminuir a produtividade”. (Apicultor 04).
	“Local de instalação do apiário, captura passiva e ativa, enxames fortes e manejo correto”. (Apicultor 05).
	“Entre safra, práticas de manejo para não perder enxames e entrar nas floradas com os enxames fortes”. (Apicultor 06).
	“Colher bem quando tiver maduro e colher com qualidade, na entressafra porque é preciso que apicultor alimente os enxames”. (Apicultor 07).
	“O período de colheita observar ponto certo de colher o mel no tempo certo, e mais pessoas para ajudar no trabalho”. (Apicultor 08).

Quadro 6 – Categoria etapa considerada a mais importante.

Fonte: Dados da pesquisa (2019).

Nessa categoria, também existe uma divisão de opiniões, uma diversidade de respostas, onde parte dos entrevistados colocam a colheita como a etapa mais importante, outros já apontam o manejo, o que deixa subentendido que, a questão de importância das etapas varia conforme a quem isso é perguntado, ou seja, não é possível haver uma concordância de respostas quanto à essa questão. A colheita do mel, como também as boas práticas de manejo são as etapas mais importantes para a atividade apícola (SEBRAE, [20-?]; SENAR, 2010; SENAR, 2011).

O quadro 7 apresenta as falas referentes a categoria de gestão e controle da produção, onde na apicultura temos a escrituração zootécnica como uma forma de gestão. Segundo Souza (2007), a escrituração zootécnica, técnica de anotações referentes ao desenvolvimento das colmeias e da produção. Dantas *et al* (2016), coloca que, se faz necessário realizar anotações quanto ao estado em que se encontram as colmeias para que assim seja possível fazer a manutenção do apiário.

Categorias	Dimensões de falas dos entrevistados
Gestão da produção	“Anoto despesas, anotações são feitas em alguns momentos, principalmente quando vendo o mel, mas os gastos não costumam anotar, através de capacitações e acompanhamento técnico poderia praticar essa gestão”. (Apicultor 01).
	“Monitorada colmeia por colmeia com uma ficha individual, anotando cada situação que enxame se encontra, quadro com cria, quadro com alimento, postura da rainha, observar as condições prévias para intervir com o manejo, porem citou que através desse controle ficam muito mais fácil de lidar com grande apiário porque o apicultor não vai andar pedido, e também não deixa os enxames com falta de atenção”. (Apicultor 02).
	“Colhe o mel e armazena para decidir o que vai fazer, não fazia anotações, mas começou a fazer quando recebeu assessoria técnica, para saber as receitas e os custos da atividade”. (Apicultor 03).
	“É feita de forma mais simples possível, 3 meses colher o mel, com a produção obtida, dividi pôr as doses meses, faz divisão do preço, quando termina já sabe quantos vai ganhar e saber o que gastou. Anota lista em caderno os custos”. (Apicultor 04).
	“Não faço a gestão, sei que tem de fazer e como faz, mas devido a cultura e costume. Sei que tem retorno, mas não sei quanto. A gestão começa pela escrituração zootécnica numerando as colmeias para avaliar suas necessidades no manejo”. (Apicultor 05).
	“Anoto despesas, anotações são feitas em alguns momentos, principalmente quando vendo o mel, mas os gastos não costumam anotar, através de capacitações e acompanhamento técnico poderia praticar essa gestão”. (Apicultor 06).
	“Anoto em algum período, as colmeias novas e colmeias velhas, para fazer alguma troca da cera”. (Apicultor 07).
	“Anoto tudo na ponta do lápis, para saber se vou obter lucros, e ver se tem gastos, depois da colheita busco empresas idôneas para comercialização”. (Apicultor 08).
Controle da produção	“Ficha individual de cada colmeia, anoto a questão da produção por cada colmeias, daí saber a colmeias que produziu mais ou menos”. (Apicultor 01).
	Ficha individual de cada colmeia, numera as colmeias, anota a questão da produção por cada colmeias, daí saber as colmeias que produziu mais ou menos”. (Apicultor 02).
	“Faz mensalmente na época da produção, anota o total que produziu em cada colheita, fico tudo anotado”. (Apicultor 03).
	“Por mês calcula o que vendeu, sabendo o que produziu, vai suprindo as necessidades, deixa uma reserva em conta para o apiário. Anota em uma lista”. (Apicultor 04).
	“Só na cultura da oralidade e não da escrita devido ao costume e a cultura”. (Apicultor 05).
	“O apicultor numera as colmeias, porem faz as anotações momentâneas sem ter um sequenciamento”. (Apicultor 06).
	“Nunca anotei, mas esse ano só anotei a produção total. Não sei quanto deu por colmeia”. (Apicultor 07).
	“Através de planilhas e anoto o que colhi, o que gastei, preço de venda para no final ver se as contas estão batendo e tirar o lucro”. (Apicultor 08).

Quadro 7 – Categoria gestão e controle da produção.

Fonte: Dados da pesquisa (2019).

A partir dessas afirmações, pôde-se verificar que ainda é pouco existente ou até inexistente a questão da gestão da produção. Os produtores entrevistados ressaltaram que a prática de anotações visando a gestão da produção ainda é uma tarefa pouca praticada, muitas vezes por conta que não faz parte de sua cultura ou não condiz muito com sua

realidade. Já na parte de controle, é possível perceber que existe uma pequena preocupação em controlar a produção, mesmo que de forma ainda rudimentar os produtores buscam ter o controle de sua produção. Alguns estudos mostram que o controle da produção e dos custos que à envolvem, por meio de técnicas e de ferramentas, faz com que a apicultura seja uma atividade mais viável, pois assim é possível mensurar o que se pode fazer com o que se tem em mãos e o que é preciso para fazer com que os resultados apresentados sejam melhores (MARANHÃO; MOREIRA; SILVA, 2016; HOFER et al., 2006).

Foi observando que os apicultores sentem necessidade de assistência técnica na gestão da atividade apícola. Os apicultores 1, 2, 4 e 8 realizam algumas anotações que proporcionam melhor controle da produção. O fato deles realizarem essas anotações se deu, segundo eles, devido capacitações recebidas anteriormente por entidades como SENAR e/ou Sebrae. Já quanto aos apicultores 3,5,6 e 7, foi observado que eles não realizam essa prática. De acordo com eles isso ocorre devido à falta assessoria técnica para uma melhor gestão.

No quadro 8, exposto a seguir, são apresentadas as dimensões referentes as categorias de armazenamento e comercialização do mel. Os apicultores entrevistados ressaltaram que armazenam o mel colhido em baldes e em tambores, cada um com dimensões específicas e apropriadas para a conservação do produto, visando não perder as qualidades dele. O armazenamento correto do mel é importante pois, este irá assegurar a qualidade do produto que posteriormente será ofertado ao consumidor (SILVA, 2011). Baldes e tambores são exemplos de embalagens que são utilizadas pelos apicultores para se armazenar o mel colhido. O material do qual essas embalagens são fabricadas também é levado em consideração, pois, os baldes devem ser virgens e fabricados em plástico, assim como os tambores fabricados em aço inox (EMBRAPA, 2003; SENAR, 2010).

A parte da comercialização é feita seguindo duas vertentes, que é a fracionada e em escala. Os produtos fracionados são vendidos no comércio local e os em escala são vendidos para empresas através de atravessadores.

<b>Categorias</b>	<b>Dimensões de falas dos entrevistados</b>
Armazenamento	“Mel armazenado em baldes, recipientes fracionados de embalagens de plástico de meio litro e um litro”. (Apicultor 01).
	“Mel armazenado em tambores e baldes, recipientes contendo saco plástico por dentro onde são amarrados para evitar, contaminações”. (Apicultor 02).
	“Após processo de colheita guarda em tambores apropriados esperando a comercialização”. (Apicultor 03).
	“Colocar para decantar ente 3 e 4 dias, depois colocar tambores de plástico e coloca uma base. Colocar em baldes idôneos para mel, separa o mel por cor fazendo uma seleção do mel”. (Apicultor 04).
	“Balde de 25kg ou tambores 200 a 300 kg de fabricado em aço inox”. (Apicultor 05).
	“Armazenado em tambores, e baldes. Uma parte em garrafas para vender fracionado”. (Apicultor 06).
	“Baldes virgem de 25kg”. (Apicultor 07).
	“Tambores e baldes e espera a comercialização”. (Apicultor 08).

Comercialização	“Através do fracionamento no comercio local”. (Apicultor 01).
	“Comercializado através do fracionamento de 1 litro e meio litro, necessidade de uma empresa para escoar mel de todos apicultores da forma imediata. Com venda em litro ar uma demora na comercialização. Escoa nos comercio da região, mas quando a produção é maior sobra mel armazenado da safra anterior porque não supriu todas a oferta anterior”. (Apicultor 02).
	“Através de uma empresa, os apicultores juntaram o mel esperaram melhores preço deixara estocado na casa do mel e venderam ao grupo Edson Queiroz”. (Apicultor 03).
	“Comercializado a granel e fracionando”. (Apicultor 04).
	“Comercializado em tambores de 200 litros, a granel e para atravessadores”. (Apicultor 05).
	“Comercializado através e atravessadores, e uma parte em litros. Citou o cooperativismo e organização através de casa do mel para melhorar a comercialização”. (Apicultor 06).
	“Vende para o atravessado após a colheita, tivesse outras pessoas que comprasse”. (Apicultor 07).
	“Após o armazenamento, espera proposta de empresas interessada procurar os apicultores que junta todo o mel e espera que empresa apresente o melhor preços”. (Apicultor 08).

Quadro 8 – Categoria armazenamento e comercialização.

Fonte: Dados da pesquisa (2019).

Aqui ressalta-se a dificuldade dos apicultores em escoar sua produção, pois, devido à falta de organização ainda não conseguiram encontrar uma melhor forma de vender o seu produto e se encontram hoje dependentes dos atravessadores. A fase da comercialização pode se dar através de duas vias, a venda fracionada, que ocorre no comércio local com venda direta para o consumidor, e em larga escala, onde o mel é vendido a granel, ou seja, em recipientes maiores tais como tambores, para empresas que realizam a industrialização do produto (SILVA, 2011).

## 5 | CONCLUSÃO

Mediante os resultados observados na pesquisa da gestão da produção apícola em três comunidades rurais de apicultores familiares no Ceará foi possível constatar que:

- os apicultores realizam a gestão da sua produção de forma muito deficitária, ou seja, com grandes limitações;
- existe deficiência nas práticas de manejo, não há escrituração zootécnica, ponto importante no controle e gestão da atividade apícola.
- não há assistência técnica particular ou governamental;
- o armazenamento do mel é deficitário;
- existem grandes entraves na comercialização representado principalmente pela presença do atravessador;
- os mesmos problemas foram encontrados nos dois ecossistemas, o do sertão

central (Ibicuitinga e Quixadá) e o da serra úmida (Viçosa), exceto o climático, representado por menos recursos hídricos no sertão central afetando o seu quantitativo de produção de mel.

Concluiu-se que a gestão da atividade apícola nas comunidades rurais estudadas é deficitária e que a sustentabilidade do segmento está ameaçada principalmente por este motivo aliado a fatores climáticos e a falta de assistência técnica.

## REFERÊNCIAS

ALVES, Roberto Carlos. **Gestão na produção de mel da região de São João Evangelista-MG, Brasil**. Vila Real, 2013.

AMARAL, Marcos Evonir Moraes. **Introdução do controle de qualidade de gestão na produção apícola da propriedade rural Chácara do Espininho no município de Dom Pedrito – RS**. Dom Pedrito, 2013.

AMORIM, Luciano Hypólito de; VIEIRA, Fernando Emmanuel Gonçalves. **A capacitação na ciência da apicultura gerando empreendedores apícolas**. Os Desafios da Escola Pública Paranaense na Perspectiva do Professor PDE. Cadernos PDE, versão online. Vol.1, 2016. Disponível em <[http://www.diaadiaeducacao.pr.gov.br/portals/cadernospde/pdebusca/producoes\\_p\\_de/2016/2016\\_artigo\\_dtec\\_uenp\\_lucianohypolitodeamorim.pdf](http://www.diaadiaeducacao.pr.gov.br/portals/cadernospde/pdebusca/producoes_p_de/2016/2016_artigo_dtec_uenp_lucianohypolitodeamorim.pdf)>.

ANGROSINO, Michael. **Etnografia e observação participante**: coleção pesquisa qualitativa. Porto Alegre: Bookman, 2009.

ARAÚJO, Massilon J. **Fundamentos de Agronegócios**. 3. ed. São Paulo: Atlas, 2010.

CALLADO, Antônio A. C. **Agronegócio**. 2. ed. São Paulo: Atlas, 2008.

DANTAS, Lucas Teixeira. et al. **Diagnóstico da escrituração zootécnica da atividade apícola no município de Catolé da Rocha – PB**. II Congresso Internacional da Diversidade do Semiárido – II CONIDIS. 2017.

Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária – EMBRAPA. **ABC da Agricultura Familiar – criação de abelhas**. Brasília, DF. 2007.

\_\_\_\_\_. **Colheita e Pós-colheita**. Sistemas de Produção: Produção de Mel. Embrapa Meio-Norte. ISSN 1678-8818 Versão Eletrônica Jul/2003. Disponível em: <[https://www.agencia.cnptia.embrapa.br/gestor/territorio\\_sisal/arvore/CONT000fckg3dhh02wx5eo0a2ndxyauspqau.html](https://www.agencia.cnptia.embrapa.br/gestor/territorio_sisal/arvore/CONT000fckg3dhh02wx5eo0a2ndxyauspqau.html)>. Acesso em: 12 nov. 19.

GIL, A. C. **Como elaborar projetos de pesquisa**. 4. ed. São Paulo: Atlas, 2002.

\_\_\_\_\_. **Métodos e técnicas de pesquisa social**. 5.ed. São Paulo: Atlas, 1999.

HOFER, Elza. *et al.* **Gestão de custos aplicada ao agronegócio**: culturas temporárias. Contab. Vista & Rev., v. 17, n. 1, p. 29-46, jan./mar. 2006.

INSTITUTO DE PESQUISA E ESTRATÉGIA ECONÔMICA DO CEARÁ – IPECE. **Produção de Mel de Abelha – 2015**. Disponível em: <<http://www2.ipece.ce.gov.br/atlas/capitulo5/51/514/556x.htm>>

KHAN, Ahmad; MATOS, Verônica damasceno de; LIMA, Patrícia Verônica Pinheiro Sales. **Desempenho da apicultura no estado do Ceará: competitividade, nível tecnológico e fatores condicionantes**. RESR, Piracicaba, SP, vol. 47, nº 03, p. 651-675, jul/set 2009.

MALISZEWSKI, E. **Mel brasileiro no topo**. Agrolink. 2019. Disponível em: <[https://www.agrolink.com.br/noticias/mel-brasileiro-no-topo\\_424254](https://www.agrolink.com.br/noticias/mel-brasileiro-no-topo_424254)>. Acesso em: 01 set 2020.

MARANHÃO, Patrícia Bastos A. A; MOREIRA, Amanda Rezende; SILVA, Rosilene Agra da. **Métodos de custeio como ferramenta na gestão da produção de mel da associação dos apicultores do vale do Rio do Peixe – PB**. I Congresso Internacional da Diversidade do Semiárido – I CONIDIS. 2016.

MAYER, C. E; WERLANG, N. B. Administração de propriedades rurais: um estudo acerca do processo de tomada de decisão. **Revista de Agronegócio – Reagro, Jales**, v.6, n.2, p. 1-20, jul./dez. 2017.

OLIVEIRA, Francisco Muniz Jales de. **Gestão Agroindustrial**: um estudo sobre o modelo “Sebrae - RN” de produção de mel de abelha no Rio Grande do Norte. Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Produção. Universidade Federal do Rio Grande do Norte. Natal, 2006.

ORGANIZAÇÃO DAS NAÇÕES UNIDAS PARA ALIMENTAÇÃO E AGRICULTURA - FAO. **Faostat**. 2019. Disponível em: <<http://www.fao.org/faostat/en/#data>>. Acesso em: 12 set. 2020.

PORTAL DO AGRONEGÓCIO. **O que é agronegócio**. 2019. Disponível em: <<https://www.portaldoagronegocio.com.br/pagina/o-que-e>>. Acesso em: 12 mar. 2019.

SERVIÇO BRASILEIRO DE APOIO ÀS MICRO E PEQUENAS EMPRESAS – SEBRAE. **Programa Araripe**. [S.l.]. [20--?].

SERVIÇO NACIONAL DE APRENDIZAGEM RURAL – SENAR. **Abelhas *Apis melífera*: instalação de apiário**. 3. ed. Brasília: SENAR, 2011.

\_\_\_\_\_. **Mel: manejo de apiário para a produção de mel**. 2. ed. Brasília: SENAR, 2010.

SILVA, Everton Nogueira. **Análise da produção comercialização apícola dos municípios de Tabuleiro do Norte e Limoeiro do Norte**: um estudo de caso. Fortaleza, 2011.

SOARES, Danilo de Medeiros Arcanjo. *et al.* O planejamento estratégico na apicultura: uma contribuição para a sustentabilidade. **INTESA – Informativo Técnico do Semiárido (Pombal-PB)**, v 10, n 2, p 26 - 30, jul - dez, 2016.

SOUZA, Darcet Costa. **Apicultura**: manual do agente de desenvolvimento rural. 2. ed. rev. Brasília: Sebrae, 2007.

VIDAL, Maria de Fátima. **Produção de mel na área de atuação do BNB entre 2011 e 2016**. Caderno Setorial ETENE, ano 3, nº 30, abril, 2018.

# O SETOR MADEIREIRO E A IMPORTÂNCIA DA GESTÃO DOS RESÍDUOS

*Data de submissão: 22/09/2022*

*Data de aceite: 01/11/2022*

### **Cassiano dos Reis Oliveira**

Programa de Pós-graduação em Ambiente e Sustentabilidade (PPGAS) - Universidade Estadual do Rio Grande do Sul (UERGS) - Rio Grande do Sul.  
<http://lattes.cnpq.br/0378448681993590>

### **Jaqueline Morbach**

Programa de Pós-graduação em Ambiente e Sustentabilidade (PPGAS) - Universidade Estadual do Rio Grande do Sul (UERGS) - Rio Grande do Sul  
<http://lattes.cnpq.br/1407939379183433>

### **Ketrin Mutterle**

Programa de Pós-graduação em Ambiente e Sustentabilidade (PPGAS) - Universidade Estadual do Rio Grande do Sul (UERGS) - Rio Grande do Sul  
<http://lattes.cnpq.br/9302203249683906>

### **Letícia de Vargas Terres**

Programa de Pós-graduação em Ambiente e Sustentabilidade (PPGAS) - Universidade Estadual do Rio Grande do Sul (UERGS) - Rio Grande do Sul  
<http://lattes.cnpq.br/1674184710744785>

### **Lucas Augusto Nitz**

Programa de Pós-graduação em Ambiente e Sustentabilidade (PPGAS) - Universidade Estadual do Rio Grande do Sul (UERGS) - Rio Grande do Sul  
<http://lattes.cnpq.br/8335813426510843>

### **Valesca Costantin**

Programa de Pós-graduação em Ambiente e Sustentabilidade (PPGAS) - Universidade Estadual do Rio Grande do Sul (UERGS) - Rio Grande do Sul  
<http://lattes.cnpq.br/9879807934709567>

### **Suzana Frighetto Ferrarini**

Programa de Pós-graduação em Ambiente e Sustentabilidade (PPGAS) - Universidade Estadual do Rio Grande do Sul (UERGS) - Rio Grande do Sul  
<http://lattes.cnpq.br/8091675289256349>

### **Ana Carolina Tramontina**

Programa de Pós-graduação em Ambiente e Sustentabilidade (PPGAS) - Universidade Estadual do Rio Grande do Sul (UERGS) - Rio Grande do Sul  
<http://lattes.cnpq.br/5887389004235035>

### **Daniela Mueller de Lara**

Programa de Pós-graduação em Ambiente e Sustentabilidade (PPGAS) - Universidade Estadual do Rio Grande do Sul (UERGS) - Rio Grande do Sul  
<http://lattes.cnpq.br/1557177056454917>

**RESUMO:** O setor madeireiro no Brasil é um dos mais significativos valores de contribuição para a balança, tendo finalizado

o ano de 2019 com saldo de US\$ 10,3 bilhões e, conforme o Relatório Anual da Indústria Brasileira de Árvores do ano de 2020, este é o segundo melhor resultado dos últimos 10 anos. Ainda, segundo estimativas da *Food and Agriculture Organization of the United Nations* (FAO), a produção de madeira serrada caiu 3,5%, o que totalizou 9,9 milhões de m<sup>3</sup> para o ano de 2019. Destaca-se que este setor traz números expressivos e importantes para o Produto Interno Bruto Nacional. No entanto, deve-se observar as diretrizes em legislação ambiental vigentes no que tange ao licenciamento federal, estadual e municipal, com vistas à proteção de áreas prioritárias para a conservação. Deste modo, a correta destinação dos resíduos industriais gerados por este processo produtivo é de suma importância para salvaguardar a biodiversidade da região na qual o empreendimento madeireiro está instalado. Na busca do desenvolvimento sustentável e com o avanço de novas tecnologias, há inúmeras possibilidades de utilização dos resíduos com vistas ao gerenciamento sustentável e responsável deste setor. Este estudo traz uma revisão relacionada aos processos produtivos envolvidos nas atividades de serraria e moveleira de algumas empresas do Estado do Rio Grande do Sul com destaque para alguns destinos possíveis aos resíduos de madeira gerados nessas atividades, quando deles há uma gestão adequada. De forma geral, evidenciaram-se diferentes aplicações em relação a esses materiais, indicando que as empresas deste setor estão preocupadas com os impactos ambientais associados às suas atividades e procuram destinar adequadamente seus resíduos.

**PALAVRAS-CHAVE:** Setor Madeireiro; Licenciamento; Resíduos Industriais; Processo Produtivo; Desenvolvimento Sustentável.

## THE WOODEN SECTOR AND THE IMPORTANCE OF WASTE MANAGEMENT

**ABSTRACT:** The timber sector in Brazil is one of the most significant contributors to the balance, having 2019 ended with an overbalance of US\$ 10.3 billion and, according to the 2020 Annual Report of the Brazilian Tree Industry, this is the second-best result of the last 10 years. Also, according to estimations made by the Food and Agriculture Organization of the United Nations (FAO), the production of sawn wood fell by 3.5%, which totaled 9.9 million m<sup>3</sup>, for the year 2019. It is noteworthy that this sector brings expressive and important numbers to the National Gross Domestic Product. However, the guidelines in current environmental legislation regarding Federal, State and municipal licensing must be evaluated regarding the protection of priority areas for conservation. Thus, the correct destination of industrial waste generated by this production process is of great importance to safeguard the region's biodiversity where the timber enterprise is installed. In the pursuit of sustainable development and with the advancement of new technologies, there are numerous possibilities for the waste's use regarding this sector's sustainable and responsible management. This study brings a review about the productive processes involved in the sawmill and furniture activities of some companies in the State of Rio Grande do Sul, highlighting some possible destinations for the wood residues generated in these activities, when there is an adequate management of them. In general, different applications regarding these materials were evidenced, showing that companies in this sector are concerned with the environmental impacts associated with

their activities and seek to properly allocate their waste.

**KEYWORDS:** Timber Sector; Licensing; Industrial Waste; Production Process; Sustainable development.

## 1 | INTRODUÇÃO

A utilização da madeira para a criação e construção está presente na humanidade desde nossos antecessores. Utilizados para confecção de arco e flecha, móveis, ferramentas, casas e até barcos, devido a sua característica de flutuar, os produtos florestais fazem parte do nosso cotidiano de forma que seria uma tarefa complicada substituí-los. Por ser um dos únicos recursos de construção classificados como renováveis, a inserção da madeira em criações maiores se tornou indispensável para o desenvolvimento de forma sustentável, daí a importância de manter controlada a exploração desse material.

O manejo na exploração é fundamental para controlar a correta utilização desse recurso natural, partindo do princípio de sustentabilidade, ou seja, prezando pela recomposição da floresta. O Sistema Nacional de Informações Florestais (SNIF) destaca que o país possui 488 milhões de hectares de florestas naturais, mais de 55% do território nacional, representando a segunda maior área de florestas do mundo, ficando atrás apenas da Rússia.

Ano a ano, há crescimento dos números e novos locais desmatados, principalmente na Amazônia Legal, e essa prática já está confirmada em todos os biomas do país. As altas taxas de desmatamento, somadas à má gestão dos resíduos resultantes das industrializações de madeira, resultam em desperdício de matéria-prima.

As fontes de madeira são variadas, mas se dividem em dois grandes grupos, florestas plantadas e florestas nativas. Segundo o Instituto de Pesquisas Tecnológicas de São Paulo (IPT), as florestas plantadas se destinam a produzir matéria-prima para as indústrias de madeira serrada, painéis à base de madeira e móveis, cuja implantação, manutenção e exploração seguem projetos previamente aprovados pelo Ibama. Em contrapartida, as florestas nativas são exploradas para atender de forma controlada e planejada as necessidades do mercado por madeiras mais nobres, agregando mais valor e qualidade ao produto final.

Neste sentido, buscando uma produção mais organizada e com menos perdas de matéria-prima, a Produção mais Limpa (P+L) torna-se um diferencial e uma necessidade. O conceito de Produção mais Limpa pode ser definido como a aplicação de estratégias técnicas, econômicas e ambientais integrando os processos e produtos com o propósito de aumentar a eficiência no uso de matérias-primas, água e energia. Os resultados são alcançados por meio da não geração, minimização ou reciclagem dos resíduos e suas emissões ocasionando em benefícios ambientais, de saúde ocupacional e econômica (UNEP, 1998; UN, 1992).

Silva (2015) afirma que o setor madeireiro global enfrenta atualmente o desafio de atender à crescente demanda de produtos de madeira de qualidade, além da necessidade de minimizar possíveis impactos adversos no meio ambiente e na saúde humana, sendo

que as principais fontes de impactos ambientais ocorrem em toda a cadeia de fornecimento de madeira, desde as serrarias até os produtos finais.

Desta maneira, buscou-se realizar uma breve revisão acerca dos processos produtivos e resíduos de madeira oriundos de atividades de serraria e moveleira, com enfoque em empresas do estado do Rio Grande do Sul, destacando alguns produtos que podem resultar do correto manejo e reaproveitamento desse material.

## 2 | PROCESSOS PRODUTIVOS INDUSTRIAIS DE SERRARIAS

Os processos produtivos industriais de serrarias, de forma geral, são extremamente simples, no entanto, apresentam alto potencial poluidor, principalmente para os recursos hídricos. Outrossim, geram quantidade significativa de resíduos oriundos do beneficiamento da madeira bruta, usualmente classificada como madeira dura ou madeira macia.

O processamento da madeira serrada é o responsável pela geração de grande parte dos resíduos sólidos da cadeia produtiva da madeira. A quantidade de resíduos gerados está diretamente associada a fatores como o tipo de maquinário utilizado, o tipo de matéria-prima e, também, as dimensões das toras utilizadas. Segundo Hillig et al., (2006), ocorrem perdas significativas associadas ao desdobro e cortes de reserra que, para madeiras de reflorestamento podem atingir 20% e 40% do volume das toras processadas. Devido ao elevado conteúdo de carbono os resíduos de madeira gerados nos processos citados, possuem uma maior dificuldade na decomposição no ambiente. Tais resíduos se dispostos em locais impróprios, ao serem submetidos as intempéries, podem liberar substâncias tóxicas como os taninos e fenóis, trazendo prejuízos ao solo e corpos hídricos (CABREIRA, 2011; CARDOSO, 2006). Com esta dificuldade de decomposição no ambiente, é importante que estes resíduos sejam utilizados de maneira alternativa, não apenas observando a questão ambiental, mas para incrementar as receitas de alguns estabelecimentos madeireiros.

Com o intuito de reduzir os impactos que esse processo industrial pode acarretar ao meio ambiente, no ano de 2018, entrou em vigor a Resolução CONSEMA 372/2018. A Resolução dispõe sobre os empreendimentos e atividades utilizadores de recursos ambientais, efetiva ou potencialmente poluidores ou capazes, sob qualquer forma, de causar degradação ambiental, passíveis de licenciamento ambiental no Estado do Rio Grande do Sul, destacando os de impacto de âmbito local para o exercício da competência municipal no licenciamento ambiental (RIO GRANDE DO SUL, 2018). Nela, pode-se vislumbrar regramentos administrativos específicos de acordo com o porte do empreendimento e o potencial poluidor associado a atividade. Define-se, ainda, nessa Resolução, a competência e cooperação entre as esferas institucionais na busca de mitigar os impactos ambientais, principalmente locais, causados pela instalação de um empreendimento madeireiro e sua grande geração de resíduos.

Diante da resolução supracitada, a indústria de madeira, serraria e desdobramento da madeira, cadastradas através dos Códigos de Ramo (CODRAM) sob números 1510,10 (serraria e desdobramento com tratamento da madeira) e 1510,20 (serraria e desdobramento

sem tratamento de madeira), deverão passar por licenciamento ambiental criterioso de impacto local ou regional, dependendo do porte do empreendimento, respeitando as condições e restrições dispostas no processo de licenciamento e em atendimento às demais legislações vigentes. No ano de 2021 houve uma atualização na normativa dando mais poderes aos municípios para realizar o licenciamento dessas atividades.

Neste sentido, parte do processo de licenciamento ambiental prevê que os empreendimentos de serrarias apresentem documentação específica para a verificação da viabilidade de implantação. Além disso, destaca-se a importância em conhecer os processos produtivos industriais e as etapas utilizadas no beneficiamento da madeira. O fluxograma apresentado na Figura 1 mostra exemplo das etapas do processo industrial de serraria.

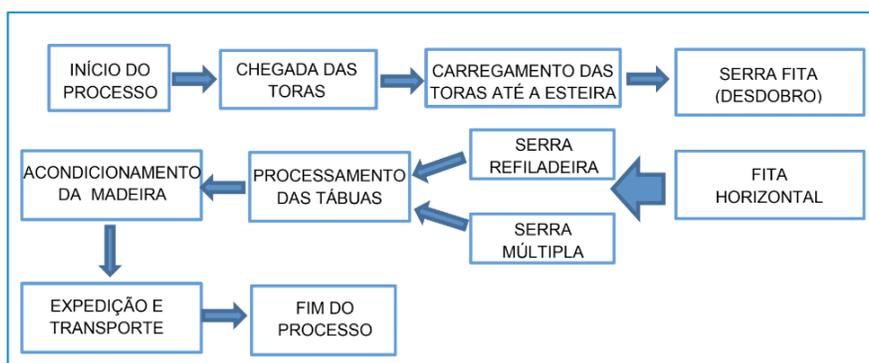


Figura 01 - Exemplo de fluxograma das etapas do processo produtivo industrial de serraria.

Fonte: Autores (2022).

Importante salientar que, ao final do processo apresentado acima, os empreendimentos geram resíduos sólidos em grande escala, principalmente serragem, maravalha e cavaco. Desse modo, as empresas deverão obrigatoriamente destinar para locais licenciados para descarte ou reutilização, conforme prerrogativas legais a saber:

- Lei Federal nº 6.938 de 31 de agosto de 1981, que institui a Política Nacional do Meio Ambiente, regulamentada pelo Decreto Federal nº 99.274 de 06 de junho de 1990, que cria o Sistema Nacional do Meio Ambiente (SISNAMA);
- Lei Federal 9.605, de 12 de fevereiro de 1998, a qual dispõe sobre as sanções penais e administrativas derivadas de condutas e atividades lesivas ao meio ambiente e dá outras providências; e
- Portaria da Fundação Estadual de Proteção Ambiental Henrique Luis Roessler (FEPAM) nº 8, de 30 de janeiro de 2018, a qual aprova o Sistema de Manifesto de Transporte de Resíduos - MTR online e dispõe sobre a obrigatoriedade de utilização do sistema no Estado do Rio Grande do Sul.

### 3 | PRODUTOS ALTERNATIVOS PARA OS RESÍDUOS GERADOS NO PROCESSO INDUSTRIAL MADEIREIRO

A geração de resíduos de madeira anual no Brasil é de ~14 milhões de toneladas divididas entre serragem, costaneiras, pé e ponta de toras, pó de serra e toras descartadas por algum tipo de falha ou defeito. Tais resíduos referem-se a ambas, madeira plantada de *Eucalyptus* sp. e *Pinus* sp. como de florestas nativas. Salienta-se que os resíduos de madeira plantada são oriundos de ~5,6 milhões de hectares. Somado a isso, estima-se em 7 milhões de toneladas a quantidade de resíduos secundários de madeira da indústria moveleira e de indústrias de transformação, como lápis, pellets, construção civil, caixaria, compósitos tipo MDF, OSB ou compensados (ALMEIDA et al., 2010; GENTIL, 2008).

Segundo Roque e Valença (1998), as fábricas de madeira aglomerada usam como fonte de matéria-prima principalmente:

- a) resíduos industriais oriundos de serrarias, fábricas de móveis e de chapas;
- b) resíduos originados da exploração florestal como toras pequenas, galhos, entre outros;
- c) madeiras de baixa qualidade, não utilizada para outra finalidade;
- d) madeira proveniente de tratamentos silviculturais de florestas plantadas; e,
- e) reciclagem de madeira sem uso como madeira de demolições, entre outros.

Nesse contexto de utilização dos resíduos gerados, destaca-se a relevância no desenvolvimento e implantação de tecnologias para o aproveitamento, reutilização da serragem, produto oriundo da passagem da lâmina de serra de redução na tora. Esse resíduo é formado por pequenas partículas de madeira e, atualmente, são produzidos volumes significativos. Resíduos de serragem não despertam grande interesse por estarem associados a impurezas e, ser também inviável seu uso para a geração de outros produtos com base na madeira (CABREIRA, 2011). Além das desvantagens citadas, esses resíduos se não se encontrarem na forma de briquetes ou associados a outros resíduos de madeira sólida, são de difícil combustão. Encontra maior uso como substrato de solo, como cama para criadouros de aves, cavalos e outros animais (LIMA e SILVA, 2005; DUTRA e NASCIMENTO, 2003; FAGUNDES, 2003).

No entanto, com o avanço de novas tecnologias, outras formas de utilização da serragem têm ganhado destaque no mercado. O briquete e o pellet de madeira são um desses materiais que vem ganhando espaço. Podem ser definidos como lenha ecológica que além de serragem pode também utilizar maravalha, cavaco, cascas, entre outros, que, após devida secagem e compactação retornam, por exemplo, como combustíveis de alto poder calorífico (SCHÜTZ et al., 2010). Esses materiais podem substituir a lenha em diferentes aplicações que incluem o uso residencial, em indústrias e estabelecimentos comerciais (EMBRAPA, 2013).

Além das vantagens socioeconômicas da produção do briquete e do pellet, gerando emprego e renda, a sua produção consiste em um gerenciamento sustentável do resíduo

de serraria, trazendo vantagens ambientais, já que retira do meio ambiente resíduos poluidores. Ainda, esses materiais são mais homogêneos e produzem três vezes mais energia, comparativamente à lenha, além de não possuírem o caráter poluidor das fontes fósseis de energia (QUIRINO et al., 2004; GONÇALVES et al., 2013).

A oportunidade de reutilização/reciclagem dos resíduos oriundos do setor madeireiro deve ser aproveitada, visto que a partir desses resíduos podem surgir novos materiais de produção e alternativas de consumo, permitindo melhor benefício econômico para várias regiões (CONDÉ et al.; 2022).

Os resíduos gerados no processo industrial madeireiro, como a serragem, ainda podem ser utilizados como substrato para a produção e cultivo de morangos em sistema semi-hidropônico (NETO, 2017). As características da serragem a tornam propícias para uso como substratos nesses sistemas, entre elas, bom espaço poroso que favorecem a retenção de água e nutrientes para a cultura (WENDLING et al., 2007).

Ante o exposto, destaca-se a importância da reutilização dos resíduos industriais como, por exemplo, a serragem, retirando toneladas desse material que poderiam ser descartadas incorretamente no meio ambiente, acarretando problemas ambientais importantes, principalmente para os recursos hídricos.

## 4 | PROCESSOS PRODUTIVOS DE INDÚSTRIAS MOVELEIRAS

O Rio Grande do Sul (RS) é o segundo maior polo moveleiro do Brasil, apresentando uma participação de 29,3% da produção do país, com atividades concentradas na região da Serra Gaúcha.

Durante a pandemia, a indústria moveleira do estado aumentou a produção com foco à exportação, dirigida para países como EUA (21,3%), Chile (14,8%), Peru (11,2%), Uruguai (10,7%) e Reino Unido (9,2%). No período de janeiro a maio de 2022, apresentou faturamento de US\$ 67.140 milhões, produzindo 4.521 milhões de peças apenas entre janeiro e abril do mesmo ano (ABIMOVEL, 2022b).

Considerando a perspectiva da sustentabilidade, a indústria moveleira brasileira busca a implementação de boas práticas em sua cadeia produtiva. Identifica-se que 99% das empresas exportadoras do ramo possuem algum tipo de certificação como carbono zero e FSC (do inglês *Forest Stewardship Council*), certificado de origem da madeira e busca contínua de qualidade na produção para redução de impacto dos processos de produção ambiental (ABIMOVEL, 2022a).

A diversidade de espécies de madeiras nativas promove, junto à indústria moveleira, qualidade física e visual de seus produtos, concentrando-se na utilização de pinus e eucalipto, sendo que 80% da madeira utilizada é de reflorestamento e manejo sustentável, o que é considerado no processo como materiais renováveis, recicláveis e biodegradáveis (ABIMOVEL, 2022a). Além disso, o setor de cultivo de árvores para fins industriais no Brasil é considerado instigador de uma economia mais verde, pois por meio de seus processos, estima-se que 9,55 milhões de hectares são para cultivo industrial e 6 milhões de hectares para conservação de áreas, estocando juntas um volume de 4,5 milhões de toneladas de

CO<sub>2</sub> equivalente (IBÁ, 2021).

Por meio de investimentos em inovação, pesquisa e desenvolvimento, a indústria moveleira busca a tecnologia como forma alternativa de produzir superfícies e texturas similares a padrões orgânicos com rochas, minerais, couro entre tantos outros recursos naturais. Além disso, busca sempre integrar na composição nos produtos tintas e solventes à base d'água, polímeros biodegradáveis, além de promover a reciclagem de embalagens. O setor ainda conta com o programa de sustentabilidade do setor moveleiro para desenvolver e aprimorar práticas de gestão sustentável. O programa tem apoio da Agência de Promoção à Exportação (APEX) ligada ao Ministério do Desenvolvimento da Indústria e Comércio (MDIC) (ABIMOVEL, 2022a).

#### 4.1 Estudo de caso de uma indústria moveleira no Rio Grande do Sul

Para melhor identificar o processo produtivo, foi realizada uma visita técnica e uma pesquisa semiestruturada em uma das maiores empresas moveleiras da América do Sul, localizada na região do Vale do Caí, no Rio Grande do Sul. A empresa apresenta uma área fabril de mais de 200.000 mil m<sup>2</sup> com aproximadamente 1900 funcionários, ofertando móveis planejados e seriados. Atualmente, atende 47 países tendo alcançado o faturamento de R\$ 637 milhões em 2020.

A produção é linear em alta escala, com possibilidade de mudança rápida de *set up*, o que otimiza a produtividade. A linha produtiva é similar a empresas de pequeno e médio porte que têm como base a produção em escala, a qual basicamente envolve corte da matéria-prima, furação, fixação, pintura e secagem, acabamento e colagem de borda, finalizando com a embalagem dos produtos. Diferencia-se pelo acesso a tecnologias de informação e conhecimento, com automação de processos, o que vai ao encontro do conceito de indústria 4.0.

A empresa demonstra sua preocupação com a gestão ambiental, pois, para atender a mercados Europeu e da América do Norte, são exigidas boas práticas de fabricação, certificados específicos e gestão da qualidade em seus processos. Considerando o alto índice de produção e busca pela produtividade, a quantidade de resíduos gerados torna-se um dos principais indicadores de avaliação dos processos da empresa, pois implica diretamente a avaliação do preocupante, pois entende-se que gera a perspectiva de perdas e retrabalho, implicando custos internos e formação de preço.

Não foi possível obter dados quanto à quantidade de resíduos gerados pela empresa, entretanto, foi verificado que a maior geração está vinculada ao corte de MDF e MDP, gerando resíduos dos materiais, cavacos e pó. Desses, aproximadamente 80% são encaminhados para empresa de cerâmica da região para utilização em fornos na produção de tijolos, telhas, entre outros. Essas empresas de cerâmica são parte importante da indústria instalada na própria região do Caí, o que facilita a logística de distribuição desses resíduos. O restante dos resíduos de corte (aproximadamente 20% do total) é utilizado pela própria empresa em caldeiras que produzem vapor para galvanização, processo necessário na produção de móveis tubulares. Os resíduos deste processo não foram contemplados neste estudo por estarem envolvidos na produção direta de móveis de madeira.

O segundo maior resíduo produzido na empresa é denominado *liners* (papel *liner*) (Figura 02), resultado da rotulagem ou etiquetas de identificação que geram grandes volumes de baixo peso. Este material é classificado como perigoso, sendo direcionado ao coprocessamento.

O terceiro maior resíduo produzido está indiretamente relacionado ao processo produtivo: efluentes sanitários, resultado de aproximadamente 1900 funcionários que se deslocam de mais de 27 cidades locais para suas atividades laborais concentradas nos 200.000 m<sup>2</sup> de área fabril. Esses efluentes são direcionados para estações de tratamentos de esgoto sanitário e posteriormente utilizados como fertirrigação do gramado que compõe os jardins da área fabril. Esse tratamento resultou na redução de 50% dos efluentes gerados. Cabe ressaltar que a região do Caí não possui fornecimento de água potável por empresas de saneamento. A água utilizada nas residências é oriunda de poços artesanais ou poços comunitários construídos pelas prefeituras municipais.



Figura 02 – *Liners* gerados no processo de rotulagem na indústria moveleira.

Fonte: Autores (2022).

O quarto maior resíduo relaciona-se a plásticos e papelões que acompanham a matéria-prima recebida que são encaminhados, em sua totalidade, para reciclagem. Ao mesmo tempo, os produtos finais utilizam como embalagem plásticos e papelões reciclados.

Isso significa que a empresa não utiliza material virgem em suas embalagens.

Outros resíduos considerados perigosos, como fitas de bordo com cola, papelões e plásticos contaminados com tinta e materiais de mecânica, são encaminhados para coprocessamento.

Não foram obtidas informações de indicadores de desempenho sobre melhora efetiva no reaproveitamento e redução de resíduos. Entretanto, a empresa informa que são utilizados *softwares* que auxiliam consideravelmente no desempenho produtivo, pois a maximização dos recursos representa tanto cuidado ao meio ambiente como redução de custos internos, tornando a empresa mais competitiva.

## 5 | CONSIDERAÇÕES FINAIS

O setor madeireiro está entre as 10 atividades industriais que possuem a maior participação na economia do Brasil, gerando milhões de empregos e renda para muitas famílias. Neste sentido, os empreendimentos desse ramo precisam estar em acordo com as legislações vigentes, estando em dia com seus licenciamentos ambientais, além de visar à economia circular.

Muito se fala sobre a exploração ilegal da madeira, um tópico de extrema relevância, porém, cada vez mais a gestão dos resíduos está sendo inserida na pauta. A gama de produtos oriundos dos processos produtivos das serrarias e indústrias moveleiras deve receber atenção especial dos empresários e deixar de ser visto como um rejeito.

O encaminhamento para aterros sanitários precisa deixar de ser prática comum nas indústrias, atendendo, assim, os preceitos da Política Nacional de Resíduos Sólidos e dando vistas à gestão integrada e ao gerenciamento ambientalmente adequado dos resíduos sólidos.

De maneira geral, o estudo identificou diferentes aplicações para os resíduos de madeira gerados nas atividades de serraria e moveleira, indicativo de que as empresas estão se adequando à legislação, e, o que antes era um resíduo, agora retorna, por exemplo, como produto ou, ainda, passa a ser útil a outras empresas.

## REFERÊNCIAS

ABIMÓVEL - Associação Brasileira das Indústrias do Mobiliário (São Paulo). **Conjuntura de Móveis**  
**Conjuntura de Móveis**: relatório de junh/2022. São Paulo: Abimóvel, 2022a. 49 p.

ABIMÓVEL - Associação Brasileira das Indústrias do Mobiliário (São Paulo). **Sustentabilidade como marca e diferencial do mobiliário brasileiro ao redor do mundo: conheça o SIMB**. São Paulo: Abimóvel, 2022b.

ALMEIDA, A.N.; ÂNGELO, H.; GENTIL, L.V.B.; SILVA, J.C.G.L **Demanda de Brique de Madeira**. Floresta, v. 41, n. 1, p. 73-78, 2011.

BRASIL. **Lei nº 6.938, de 31 de agosto de 1981**. Dispõe sobre a Política Nacional do Meio Ambiente, seus fins e mecanismos de formulação e aplicação.

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.

BRASIL. **Lei nº 99.274, de 06 de junho de 1990.** que cria o Sistema Nacional do Meio Ambiente (SISNAMA).

CABREIRA, M.P. **Classificação de Resíduos de Serraria e seu Potencial de Utilização.** 2011. 47 f. Monografia (Curso de Engenharia Florestal) - Universidade Federal do Pampa — UNIPAMPA, São Gabriel, RS. 2011.

CARDOSO, S. S. **Pó de serra como substrato na produção de *Dracaena sanderana* Hort Sanz.** 2006. 50 f. Monografia (I Curso de Especialização em Floricultura como Empreendimento) – Universidade Estadual do Pará, Belém, PA, 2006.

CONDÉ, J. D.; dos SANTOS, C. M. L.; CONDÉ, T. M. **A Contabilidade ambiental no aproveitamento de resíduos madeiros em Rorainópolis, sul de Roraima.** REUNIR: Revista de Administração, Ciências Contábeis e Sustentabilidade ISBN: 2237-3667, 12(1), 2022.

DUTRA, R. I. J. P.; NASCIMENTO, S. M. do. **Resíduos de indústria madeireira: caracterização, consequências sobre o meio ambiente e opções de uso.** 2003. 65 f. Monografia (Curso de Engenharia Ambiental) – Universidade do Estado do Pará, Belém, 2003.

EMBRAPA - Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária. Embrapa Agroenergia: documento sobre briquetes e pellets. 2013.

FAGUNDES, H. A. V. **Diagnóstico da produção de madeira serrada e geração de resíduos do processamento de madeira de florestas plantadas no Rio Grande do Sul.** 2003. 173 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) – Universidade Federal do Rio Grande do Sul. Porto Alegre. 2003.

FEPAM - Fundação Estadual de Proteção Ambiental Henrique Luis Roessler. **Portaria nº 08/2018.** Dispõe sobre o Sistema de manifesto de transporte de resíduos - MTR ON LINE e dispõe sobre a obrigatoriedade de utilização do sistema no Estado do Rio Grande do Sul.

FERREIRA, O.P. (org.) **Madeira: uso sustentável na construção civil.** Instituto de Pesquisa Tecnológicas: SVM: SindusCon. São Paulo, 1 Ed. 2003.

GENTIL, L. V. B. **Tecnologia e economia do briquete de madeira.** Tese (Doutorado) – Faculdade de Tecnologia, Departamento de Engenharia Florestal, Universidade de Brasília, Brasília, 2008.

GONÇALVES, B.F.; YAMAJI, F.M.; FERNANDEZ, B.O.; RÓZ, A.; FLORIANO, F.S. (2013). **Caracterização e comparação entre diferentes granulometrias de serragem de *Eucalyptus grandis* para confecção de briquetes.** In: Simpósio de Meio Ambiente e Tecnologia Florestal, Sorocaba, SP, Brasil. Anais... Sorocaba/SP: 22 a 24 de maio.

HILLING, E.; SCHNEIDER, V.E.; WEBER, C.; TECHIO, R.D. **Resíduos de madeira da indústria madeireira – caracterização e aproveitamento.** XXVI ENEGEP - Fortaleza, CE, Brasil, 9 a 11 de Outubro de 2006.

Indústria Brasileira de Árvores - ibá. **Relatório Anual de 2020**. Disponível em: <<https://www.iba.org/publicacoes/relatorios>>. Acesso em 14/07/2022.

Indústria Brasileira de Árvores - ibá. **Relatório Anual de 2021**. Disponível em: <<https://www.iba.org/publicacoes/relatorios>>. Acesso em 20/07/2022.

LIMA, E. G. de.; SILVA, D. A. da. **Resíduos gerados em indústrias de móveis de madeira situadas no pólo moveleiro de Arapongas-PR**. Floresta, v.35, n. 1, Curitiba, PR, 2005.

MMA - Ministério do Meio Ambiente. (2009). **Aproveitamento de resíduos e subprodutos Florestais, alternativas tecnológicas e Propostas de políticas ao uso de resíduos Florestais para fins energéticos**.

NETO, J.F. **Produção de Morangos, sob Sistema Semi-Hidropônico em Ambiente Protegido**. 2017. 48 p. Monografia (Engenharia Agrícola, do Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia Farroupilha (IF Farroupilha) - Universidade Federal do Pampa (UNIPAMPA). Alegrete, 2017.

QUIRINO, W.F.; VALE, A.T.; ANDRADE, A.P. A.; ABREU, V.L.S.; AZEVEDO, A.C.S. **Poder calorífico da madeira e de resíduos lignocelulósicos**. Biomassa & Energia, Brasília, v. 1, n. 2, p. 173- 182, 2004.

RIO GRANDE DO SUL. **Resolução Consema 372/2018**. Dispõe sobre as atividades potencialmente poluidoras do Rio Grande do Sul.

ROQUE, C.A.L; VALENÇA, A.C. de VASCONCELOS. **Painéis de madeira aglomerada**. BNDES, Setorial, Rio de Janeiro, n.8, p.153-170, set.1998.

SCHÜTZ, F.C.A.; ANAMI, M.H.; TRAVESSINI, R. **Desenvolvimento e ensaio de briquetes fabricados a partir de resíduos lignocelulósicos da agroindústria**. Inovação e Tecnologia, v. 1, n. 1, p. 1-8, 2010.

SILVA, C.P.; VIEIRA, R.S.; SILVA, I.C.; DORNELAS, A.S.P.; BARAÚNA, E.E.P. (2017). **Quantificação de Resíduos Produzidos nas Indústrias Madeireiras de Gurupi, TO**. Floresta e Ambiente, 24, 2017. doi.org/10.1590/2179-8087.065613.

SILVA, M. M. **Levantamento e avaliação de aspectos e impactos ambientais em uma indústria do setor madeireiro com base na ISO 14001**. In: ENCONTRO NACIONAL DE ENGENHARIA DE PRODUÇÃO; 35. 2015. Fortaleza. Perspectivas Globais para a Engenharia de Produção Anais [...]. Fortaleza, 2015.

SNIF - **Sistema Nacional de Informações Florestais [Site oficial]**. Disponível em: <<https://snif.florestal.gov.br/pt-br/>>. Acesso em: 14 de julho de 2022.

UN - United Nations, 1992. Agenda 21: the United Nations Programme of Action from Rio. United Nations, New York. Disponível em: <https://www.un.org/esa/dsd/agenda21/Agenda%2021.pdf> Acesso em agosto 2022.

UNEP - United Nations Environment Programme, 1998. International Declaration on Cleaner Production, South-korea. Disponível em: <https://www.unep.org/resources/report/international-declaration-cleaner-production-implementation-guidelines>. Acesso em agosto de 2022.

WENDLING, I.; GUASTALA, D.; DEDECEK, R. **Características físicas e químicas de substratos para a produção de mudas de Ilex Paraguariensis St. Hil.** Revista Árvore. Viçosa, MG. V. 31, n. 2, p. 209 – 220, 2007.

# LOGÍSTICA REVERSA DE PRODUTOS PÓS CONSUMO CONTENDO METAIS PESADOS: UM ESTUDO DO ESTADO DO RIO GRANDE DO SUL, BRASIL

*Data de submissão: 22/09/2022*

*Data de aceite: 01/11/2022*

### **Jeferson Luis da Silva Rosa**

Programa de Pós-graduação em Ambiente e Sustentabilidade (PPGAS) - Universidade Estadual do Rio Grande do Sul (UERGS) - Rio Grande do Sul  
<http://lattes.cnpq.br/1356221162179257>

### **Karin Buss Dias Bernardo**

Programa de Pós-graduação em Ambiente e Sustentabilidade (PPGAS) - Universidade Estadual do Rio Grande do Sul (UERGS), Rio Grande do Sul  
<http://lattes.cnpq.br/3060503466336872>

### **Marco Antônio Trisch Mendonça**

Programa de Pós-graduação em Ambiente e Sustentabilidade (PPGAS) - Universidade Estadual do Rio Grande do Sul, Rio Grande do Sul  
<http://lattes.cnpq.br/5867225049601502>

### **Rafael Fernandes**

Programa de Pós-graduação em Ambiente e Sustentabilidade (PPGAS) - Universidade Estadual do Rio Grande do Sul (UERGS) - Rio Grande do Sul  
<https://orcid.org/0000-0002-5325-9425>

### **Rita de Cássia dos Santos Silveira**

Programa de Pós-graduação em Ambiente e Sustentabilidade (PPGAS) - Universidade Estadual do Rio Grande do Sul (UERGS) - Rio Grande do Sul  
<http://lattes.cnpq.br/3727096553582439>

### **Thais Fantinel Malta**

Programa de Pós-graduação em Ambiente e Sustentabilidade (PPGAS) - Universidade Estadual do Rio Grande do Sul (UERGS) - Rio Grande do Sul  
<http://lattes.cnpq.br/5145347121163670>

### **Suzana Frighetto Ferrarini**

Programa de Pós-graduação em Ambiente e Sustentabilidade (PPGAS) - Universidade Estadual do Rio Grande do Sul (UERGS) - Rio Grande do Sul  
<http://lattes.cnpq.br/8091675289256349>

### **Ana Carolina Tramontina**

Programa de Pós-graduação em Ambiente e Sustentabilidade (PPGAS) - Universidade Estadual do Rio Grande do Sul (UERGS) - Rio Grande do Sul  
<http://lattes.cnpq.br/5887389004235035>

### **Daniela Mueller de Lara**

Programa de Pós-graduação em Ambiente e Sustentabilidade (PPGAS) - Universidade Estadual do Rio Grande do Sul (UERGS) - Rio Grande do Sul  
<http://lattes.cnpq.br/1557177056454917>

**RESUMO:** A Política Nacional de Resíduos Sólidos, instituída em 2010, estabelece a Logística Reversa (LR) como um de seus

principais instrumentos, a qual prevê um conjunto de ações, procedimentos e meios destinados à coleta e à restituição dos resíduos sólidos para reaproveitamento no seu ciclo produtivo ou outra destinação, visando à redução de descartes no ambiente e maior aproveitamento econômico. Considerando a natureza incipiente do tema, principalmente os geradores domiciliares, este estudo busca avaliar os procedimentos de logística reversa com a intenção de verificar os agentes que contribuem ou limitam a destinação adequada de determinados resíduos. Assim, foram realizadas pesquisas bibliográficas nas legislações federal e estadual do Estado do Rio Grande do Sul (RS), além de diretrizes técnicas publicadas pela Fundação Estadual de Proteção Ambiental (FEPAM/RS), bem como outras publicações relacionadas ao tema, detalhando princípios e procedimentos operacionais. Observa-se que benefícios e fatores relevantes para a aplicação da logística reversa estão entrelaçados aos fatores econômicos e governamentais, responsabilidade compartilhada, tecnológicos e ambiental. Entende-se a logística reversa atual como ferramenta essencial na gestão integrada de resíduos ao estabelecer a responsabilidade compartilhada pelo ciclo de vida dos produtos, garantindo ganhos ambientais e de saúde pública, além de ser uma ação prática para o desenvolvimento sustentável.

**PALAVRAS-CHAVE:** Resíduos Sólidos Perigosos. Logística reversa. Sustentabilidade.

## REVERSE LOGISTICS OF POST-CONSUMER PRODUCTS CONTAINING HEAVY METALS: A STUDY FROM THE STATE OF RIO GRANDE DO SUL, BRAZIL

**ABSTRACT:** The National Solid Waste Policy, instituted in 2010, establishes reverse logistics as one of its main instruments, which constitutes a set of actions, procedures and means for the collection and return of solid waste for reuse in its production cycle or other destination, aiming to reduce its disposal in the environment and economic use. Considering the incipient nature of the topic, this study evaluates the reverse logistics procedures available for home and non-home generators, with the intention of verifying the agents that contribute to or limit the proper destination of certain wastes. Thus, bibliographic research was carried out regarding federal legislation and in the State of Rio Grande do Sul (RS), in addition to technical guidelines published by the state environmental inspection agency, the State Foundation for Environmental Protection (FEPAM), as well as other publications related to reverse logistics, detailing operating principles and procedures.

**KEYWORDS:** Hazardous Solid Waste. Reverse logistics. Sustainability.

## 1 | INTRODUÇÃO

A sociedade atual enfrenta a crescente utilização de bens de consumo, problema que vem se agravando devido ao elevado crescimento populacional e aglomeração urbana, acarretando problemas ambientais no pós-consumo. Desse modo, a geração de resíduos tornou-se um problema social pela carência de informações sobre a sua destinação adequada, cuja composição pode causar danos à natureza e ao ser humano (OLIVEIRA et al., 2020; OLIVEIRA et al., 2021).

Observa-se que, com o avanço da tecnologia, diversos produtos compostos com substâncias perigosas foram inseridos no cotidiano da população, como pilhas, baterias e lâmpadas, entre outros. Tais produtos são facilmente adquiridos em supermercados, sendo relativamente seguros durante o uso, porém, o seu descarte inadequado pode gerar danos diversos à saúde e ao meio ambiente.

Diante dos riscos decorrentes do manejo incorreto de produtos e resíduos com características perigosas como toxicidade e corrosividade (GIOVANNI; MARQUES; GÜNTHER, 2021), por exemplo, tornou-se necessário criar dispositivos que propiciem aos consumidores e geradores, domiciliares ou não, a devolução de produtos e resíduos para seus fabricantes ou distribuidores, de modo a garantir a destinação adequada.

A logística reversa, como ficou conhecida a operação de devolução dos resíduos aos fabricantes, é um instrumento de grande relevância socioeconômica, uma vez que viabiliza a reinserção de produtos com potencial para reaproveitamento nos mais diversos ciclos produtivos ou, ainda, para serem adequadamente destinados por meio de descarte ou tratamento específico (JULIANELLI et al., 2020; OLIVEIRA et al., 2021).

Essa operação permite que consumidores e geradores cooperem com o ciclo produtivo, contribuindo para a economia de recursos naturais e econômicos sem prejuízos ao meio ambiente, de forma sustentável (FARIA; POLIDO, 2018).

Este capítulo pretende apresentar as principais ações e estudos referentes ao tema, aprofundando o posicionamento científico e as iniciativas organizacionais já adotadas, considerando o gerador domiciliar como consumidor pessoa física, usuário, que em suas atividades domésticas gera e descarta produtos pós-consumo contendo metais pesados.

## 2 | ASPECTOS LEGAIS

A Política Nacional de Resíduos Sólidos (PNRS), instituída pela Lei Federal nº 12.305/2010 e regulamentada pelo Decreto Federal nº 10.936/2022, estabelece que a logística reversa é um instrumento para o desenvolvimento econômico e social, determinado por um conjunto de ações, procedimentos e meios destinados a viabilizar a coleta e a restituição de resíduos sólidos ao setor empresarial para reaproveitamento em seu ciclo ou em outros ciclos produtivos, ou a outra destinação final ambientalmente adequada (CARVALHO et al., 2021; BRASIL, 2010; 2022).

De acordo com o art. 9º da PNRS, tem-se que: “na gestão e gerenciamento de resíduos sólidos, deve ser observada a seguinte ordem de prioridade: não geração, redução, reutilização, reciclagem, tratamento dos resíduos sólidos e disposição final ambientalmente adequada dos rejeitos”. Nesse cenário, a logística reversa atua como ferramenta que propicia a reutilização e reciclagem de produtos ou resíduos, aumentando sua vida útil e minimizando impactos ambientais decorrentes da extração desnecessária de recursos naturais, e pressupõe a cooperação entre as partes envolvidas na gestão de resíduos (AGRAWAL; SINGH, 2019).

A responsabilidade compartilhada pelo ciclo de vida do produto é um conjunto de ações também estabelecidas pela PNRS em que todos os atores envolvidos no processo

devem minimizar o volume de resíduos e rejeitos gerados, bem como reduzir os impactos causados à saúde pública e à qualidade ambiental decorrentes do gerenciamento inadequado. Assim, fabricantes, importadores, distribuidores, comerciantes, consumidores e ainda os titulares dos serviços públicos de limpeza urbana e de manejo de resíduos sólidos possuem o mesmo nível de responsabilização no processo de gestão de resíduos (BONATO et al., 2021; BRASIL, 2010; 2022).

Ainda de acordo com a PNRS, a responsabilidade compartilhada pelo ciclo de vida dos produtos deve ser executada de forma individual e coerente por todos os atores envolvidos na logística reversa, sejam eles do setor privado ou poder público, tendo como principais objetivos:

I - compatibilizar interesses entre os agentes econômicos e sociais e os processos de gestão empresarial e mercadológica com os de gestão ambiental, desenvolvendo estratégias sustentáveis; II - promover o aproveitamento de resíduos sólidos, direcionando-os para a sua cadeia produtiva ou para outras cadeias produtivas; III - reduzir a geração de resíduos sólidos, o desperdício de materiais, a poluição e os danos ambientais; IV - incentivar a utilização de insumos de menor agressividade ao meio ambiente e de maior sustentabilidade; V - estimular o desenvolvimento de mercado, a produção e o consumo de produtos derivados de materiais reciclados e recicláveis; VI - propiciar que as atividades produtivas alcancem eficiência e sustentabilidade; VII - incentivar as boas práticas de responsabilidade socioambiental. (BRASIL, 2010).

APNRS estabelece a obrigatoriedade da implantação de sistemas de logística reversa (SLR) para todos os fabricantes, importadores e comerciantes de agrotóxicos, incluindo seus resíduos e embalagens, bem como pilhas e baterias, pneus, óleos lubrificantes (seus resíduos e embalagens), lâmpadas fluorescentes (de vapor de sódio e mercúrio e de luz mista) e produtos eletroeletrônicos e seus componentes (BRASIL, 2010; 2022).

O Decreto Federal nº 10.936/2022 instituiu o Programa Nacional de Logística Reversa com o objetivo de “otimizar a implementação e a operacionalização da infraestrutura física e logística; proporcionar ganhos de escala; e possibilitar a sinergia entre os sistemas” (BRASIL, 2022).

De acordo com o programa, os SLRs serão implementados e operacionalizados por acordos setoriais, regulamentos editados pelo Poder Público ou também por meio de termos de compromisso. Destaca-se ainda que o Decreto amplia a obrigatoriedade de implementação dos SLRs para produtos comercializados em embalagens de plástico, metal ou vidro e demais produtos e embalagens, considerados prioritariamente o grau e a extensão do impacto à saúde pública e ao meio ambiente dos resíduos gerados (BRASIL, 2022). Além disso, pode-se considerar a inclusão de produtos e resíduos não perigosos em sistemas de logística reversa como um avanço importante na gestão de resíduos, visto que a prática incentiva a reinserção desses componentes na cadeia produtiva da reciclagem, reduzindo prejuízos ambientais.

No Estado do Rio Grande do Sul, a logística reversa é regida pela Lei Estadual nº 14.528/2014, que estabelece a Política Estadual de Resíduos Sólidos (PERS). Seguindo a

linha adotada pela política federal, a PERS preconiza que:

São obrigados a estruturar e implementar sistemas de logística reversa, mediante retorno dos produtos após o uso pelo consumidor, de forma independente do serviço público de limpeza urbana e de manejo dos resíduos sólidos, os fabricantes, importadores, distribuidores e comerciantes de: I - agrotóxicos, seus resíduos e embalagens, assim como outros produtos cuja embalagem, após o uso, constitua resíduo perigoso, observadas as regras de gerenciamento de resíduos perigosos previstas em lei ou regulamento, em normas estabelecidas pelos órgãos estaduais e municipais competentes do SISNAMA, do SNVS e do SUASA, ou em normas técnicas; II - pilhas e baterias; III - pneus; IV - óleos lubrificantes, seus resíduos e embalagens; V - lâmpadas fluorescentes, de vapor de sódio e mercúrio e de luz mista; VI - produtos eletroeletrônicos e seus componentes (RIO GRANDE DO SUL, 2014).

Os consumidores, por sua vez, devem devolver as embalagens de agrotóxicos, pilhas e baterias, pneus e óleos lubrificantes - após o uso ou consumo - aos comerciantes ou distribuidores dos produtos e embalagens, objeto de logística reversa (RIO GRANDE DO SUL, 2014).

Por outro lado, comerciantes e distribuidores devem enviar os resíduos recebidos do consumidor final aos fabricantes ou importadores responsáveis para que viabilizem a reciclagem ou reutilização dos produtos, resíduos ou embalagens, sendo os rejeitos encaminhados para a disposição final ambientalmente adequada, na forma estabelecida pelo órgão ambiental competente (RIO GRANDE DO SUL, 2014).

Entende-se que, para que a logística reversa funcione plenamente, é necessário tornar funcionais todas as etapas do processo, desde o recebimento, o armazenamento e a destinação dos produtos ou resíduos elegíveis à aplicação dos sistemas de logística reversa. Cabe destacar ainda que os atores envolvidos nos sistemas de logística reversa devem acolher e implementar, além de legislações específicas, todas as resoluções, instruções normativas e normas técnicas vigentes aplicáveis ao produto ou resíduo, de forma a gerir adequadamente todo o processo, seja ele de reutilização, reciclagem ou destinação ambientalmente adequada.

### **3 I MANEJO DOS RESÍDUOS SÓLIDOS DOMÉSTICOS PERIGOSOS PARA LOGÍSTICA REVERSA**

Para reduzir o impacto dos resíduos sólidos no meio ambiente, é fundamental que todos os atores envolvidos no processo manuseiem corretamente os resíduos gerados no seu dia a dia e conheçam todo o ciclo, até a destinação final.

Com a criação do Decreto nº 10.936/2022, que regulamenta a PNRS, torna-se mais claro o fato de que, havendo sistema de coleta seletiva implantada no município ou sistema de logística reversa, o consumidor deverá: “I - acondicionar adequadamente e de forma diferenciada os resíduos sólidos gerados; e II - disponibilizar adequadamente os resíduos sólidos reutilizáveis e recicláveis para coleta ou para devolução” (BRASIL, 2022).

### 3.1 Gerador domiciliar

No que se refere aos procedimentos de separação e destinação correta dos resíduos domiciliares contendo metais pesados (Quadro 1), os municípios devem seguir as instruções do Plano Municipal de Gestão Integrada de Resíduos Sólidos de seu município, elaborado segundo conteúdo mínimo previsto pela Política Nacional dos Resíduos Sólidos (PNRS).

Resíduo	Metal pesado encontrado
Baterias de veículos automotores	mercúrio, chumbo e cádmio
Pilhas em geral	mercúrio, chumbo, zinco, cádmio, manganês
Lâmpadas	mercúrio metálico
Produtos fundidos como chumbadas de pesca e peso de redes	chumbo
Lixo eletrônico	mercúrio, chumbo, zinco, cádmio, níquel

Quadro 1: Descrição dos resíduos domiciliares contendo metais pesados.

Fonte: Autores (2022)

#### 3.1.1 Acondicionamento

Após a geração, o acondicionamento de resíduos perigosos deve ser feito de modo a não alterar a quantidade ou classificação do resíduo. Conforme NBR 12.235 (1992), o acondicionamento dos resíduos eletrônicos, lâmpadas, pilhas e baterias para logística reversa pode ser realizado em contêineres, tambores, tanques ou a granel, em local livre de intempéries e ações do tempo. Os contêineres ou tambores devem ser armazenados, preferencialmente, em áreas cobertas, bem ventiladas, e os recipientes devem ser alocados sobre base de concreto ou outro material que impeça a lixiviação e percolação de substâncias para o solo e águas subterrâneas.

A adoção de boas práticas no acondicionamento evita punições legais, conforme prevê a Lei Federal nº 9605/1998, também conhecida como Lei de Crimes Ambientais:

Produzir, processar, embalar, importar, exportar, comercializar, fornecer, transportar, armazenar, guardar, ter em depósito ou usar produto ou substância tóxica, perigosa ou nociva à saúde humana ou ao meio ambiente, em desacordo com as exigências estabelecidas em leis ou nos seus regulamentos: II - manipula, acondiciona, armazena, coleta, transporta, reutiliza, recicla ou dá destinação final a resíduos perigosos de forma diversa da estabelecida em lei ou regulamento (BRASIL, 1998).

#### 3.1.2 Segregação

Os fabricantes, importadores, distribuidores e comerciantes são responsáveis pela execução da logística reversa no limite da proporção dos produtos que colocarem no mercado interno, além de instituir postos de entrega de resíduos reutilizáveis e recicláveis. Ainda, conforme o Decreto nº 10.936/2022, as cooperativas e as associações de catadores

de materiais recicláveis poderão integrar o sistema de logística reversa.

### 3.1.3 Transporte e descarte

O transporte de produtos pós-consumo deve garantir a integridade da carga até o local de destino, podendo ser realizado em veículo comum. Toda a movimentação de resíduos deve ser registrada em manifesto de transporte de resíduos, segundo Portaria FEPAM nº 87 (FEPAM, 2018).

O descarte dos produtos deve ser realizado em Ecopontos ou Pontos de Entrega Voluntária (PEV), que podem estar localizados inclusive no local de aquisição do produto original. Os PEVs podem ser definidos em programas ambientais específicos, tanto na esfera pública, como na privada. Esses pontos de coleta são dispensados de licenciamento ambiental, diferentemente dos locais de armazenamento, separação, transporte e descarte de resíduos destinados à logística reversa.

## 3.2 Gerador não domiciliar

O licenciamento ambiental de indústrias envolvidas em operações de logística reversa de produtos pós-consumo que contenham metais pesados deve observar a Lei Estadual nº 10.330/1994 e a Lei Complementar nº 140/2011. No âmbito estadual, a Resolução do Conselho Estadual de Meio Ambiente, CONSEMA nº 372/2018, lista as atividades que envolvem resíduos que contenham metais pesados, as quais se referem a unidades de processamento, desmonte e centrais de armazenamento de produtos que contenham metais pesados na sua composição, conforme observado no Quadro 2.

Código do Ramo (CODRAM)	Atividade
3121.20	Triagem e Armazenamento de resíduos Sólidos Industriais - Classe II-A
3121.10	Triagem e Armazenamento de resíduos Sólidos Industriais - Classe I
3121.10	Triagem e Armazenamento de resíduos Sólidos Industriais - Classe I
3122.10	Processamento de Resíduo Industrial Classe I
3122.40	Processamento de Lâmpadas Inservíveis contendo Mercúrio
1112.22	Produção de fundidos de chumbo
1321.00	Recuperação de baterias
4710.10	Transporte Rodoviário de Produtos e ou Resíduos Perigosos

Quadro 2: Enquadramento para o licenciamento ambiental de resíduos que contenham metais pesados.

Fonte: Autores (2022) adaptado de CONSEMA nº 372 (2018)

O processo de licenciamento ambiental no Rio Grande do Sul deve ser conduzido pelos empreendimentos em plataforma digital específica, o Sistema Online de Licenciamento Ambiental (SOL), no qual estão disponíveis diversos tipos de Autorização de Recebimento de Resíduo Sólido Industrial (RSI) de fora do Estado e solicitação para as atividades do

Quadro 3:

Solicitação	Justificativa
Autorização geral	Apresentar licença de operação da empresa geradora do resíduo. Apresentar documentos constantes na Diretriz Técnica nº 05/2017 FEPAM, referente ao descarte e reuso de efluentes líquidos no âmbito do Estado do Rio Grande do Sul. Deverá autorizar recebimento do efluente
Autorização manifesto transporte de resíduos	MANIFESTO DE TRANSPORTE DE RESÍDUOS – MTR, com a finalidade de controle do transporte e da destinação final adequada de resíduos no território do Estado do Rio Grande do Sul
Autorização de recebimento de RSI de fora do Estado	Necessidade de apresentação de Plano de remessa/recebimento dos resíduos, Licença de Operação (LO) da empresa geradora do resíduo, Licença de Operação (LO) da(s) empresa(s) receptora(s), de tratamento e destinação final e Declaração da Empresa Receptora
Licença Prévia - LP	Instruída na fase preliminar do planejamento do empreendimento ou atividade aprovando sua localização e concepção, atestando a viabilidade ambiental e estabelecendo os requisitos básicos e condicionantes a serem atendidos nas próximas fases de sua implementação
Licença de Instalação - LI	Instrução do processo do empreendimento ou da atividade, de acordo com as especificações constantes nos planos, programas e projetos aprovados, incluindo as medidas de controle ambiental e condicionantes
Licença Prévia e Instalação Unificadas - LPI	Instrução unificada de LP e LI do processo do empreendimento ou da atividade, de acordo com as especificações constantes nos planos, programas e projetos aprovados, incluindo as medidas de controle ambiental e condicionantes
Licença Prévia e Instalação para Alteração - LPIA	Instrução para alteração de documento já emitido (LO), de acordo com as especificações constantes nos planos, programas e projetos aprovados, incluindo as medidas de controle ambiental e condicionantes
Licença de Instalação de ampliação	Nos mesmos termos da Licença de Instalação, quando houver necessidade de ampliação
Licença de Instalação com EIA/RIMA	Instrução da solicitação de licença de instalação quando houver potencial de causar fortes impactos ambientais
Licença de Instalação de modernização ambiental	Nos termos da instrução de Licença de Instalação que consista na redução de emissões, reuso, reutilização, reciclagem ou aumento na eficiência do uso dos recursos naturais e que não seja uma obrigação legal
Licença de Operação - LO	Instrução da solicitação que, após outorgada, autoriza o início do funcionamento do empreendimento de acordo com o cumprimento das condições e restrições da Licença de Instalação
Renovações de Licenças	Instruídas para a continuidade dos processos de licença prévia e licença de operação, incluindo os casos de EIA/RIMA, modernização e ampliação
Termo de encerramento	Encerramento da atividade, comprovando a recuperação da área, a eliminação do passivo ambiental e a não existência de pendências ambientais

Quadro 3: Assuntos/tipologias para o licenciamento ambiental de resíduos que contenham metais pesados.

Fonte: Autores (2022) adaptado de DIRTEC N° 9/2022, Portaria Fepam nº 87/2018, Lei Federal nº 140/2011.

Em 06 de junho de 2022, a Fundação Estadual de Proteção Ambiental (FEPAM) publicou a Diretriz Técnica nº 9 (DIRTEC nº 9/2022) que orienta o licenciamento ambiental de atividades envolvendo a logística reversa de produtos pós-consumo que contenham metais pesados, na qual se baseia o presente estudo.

### *3.2.1 Coleta*

Os produtos pós-consumo contendo metais pesados descartados em pontos de entrega devem ser transportados em veículo com carroceria fechada, nos mesmos recipientes em que foram descartados nos pontos de geração, os quais devem permanecer fechados e transportados de maneira segura, durante todo o trajeto (DIRTEC nº 9/2022).

### *3.2.2 Armazenamento*

Conforme a Diretriz Técnica (DIRTEC) nº 9/2022, o armazenamento dos materiais pós-consumo contendo metais pesados deve ocorrer em local específico, sinalizado, identificado, com acesso restrito, provido de cobertura, sobre piso impermeabilizado e paredes de alvenaria. Sua operação deve prever o controle de toda a movimentação (entrada e saída) desses produtos.

O armazenamento de lâmpadas inservíveis contendo mercúrio deve ser realizado em local dotado de ventilação, com armazenamento temporário limitado a 10 (dez) metros cúbicos ou um período de até 2 (dois) de geração, ao passo que o armazenamento temporário de baterias de chumbo ácido será de, no máximo, um ano de geração (DIRTEC nº 9/2022).

As centrais de armazenamento devem ocupar áreas selecionadas, de acordo com o plano diretor e demais legislações municipais, e localizar-se, preferencialmente, em lotes pertencentes a distritos ou loteamentos industriais. No caso das lâmpadas de mercúrio, quando não instaladas nessas áreas, deve ser observada a compatibilidade com os usos do entorno e o afastamento mínimo de 20 (vinte) metros de quaisquer construções lindeiras. Por fim, uma central de armazenamento de produtos pós-consumo contendo metais pesados só poderá operar após a apresentação de um contrato firmado entre o empreendedor da central e a unidade de desmonte ou de processamento, para onde os resíduos armazenados serão destinados (DIRTEC nº 9/2022).

### *3.2.3 Projeto da central de armazenamento*

Os projetos das centrais de armazenamento de produtos pós-consumo contendo metais pesados devem observar a norma técnica ABNT 11.174:1990 e, quando abranger lâmpadas inservíveis contendo mercúrio e baterias de chumbo ácido, devem atender a norma técnica NBR 12.235:1992. O projeto deve prever a limitação da capacidade máxima em função da periodicidade da destinação final, instalação de cobertura e piso impermeável, sistema de combate a incêndio e plano de emergência e controle de acesso de pessoas, além de procedimento de recolhimento e acondicionamento para os resíduos quebrados ou abertos acidentalmente (DIRTEC nº 9/2022).

No caso de uma central de armazenamento de lâmpadas inservíveis contendo mercúrio, o projeto também deve contemplar a limitação da capacidade máxima de armazenamento a 200 (duzentos) metros cúbicos. O setor de recepção, descarga, remoção das embalagens de acondicionamento e classificação deve ser provido de sistema que impeça ou minimize a impregnação de mercúrio volátil nos materiais da instalação e, ainda, um sistema de sistema de exaustão associado a equipamento de controle eficiente para retenção de mercúrio volátil, capaz de captar dos vapores em casos de acidentes (DIRTEC n° 9/2022).

### *3.2.4 Operação da central de armazenamento*

A operação de uma central de armazenamento de produtos pós-consumo contendo metais pesados deverá prever a rastreabilidade total dos resíduos, por meio de registro de entrada e saída de produtos. As centrais devem contar com responsável técnico habilitado para o monitoramento da atividade com o intuito de controlar as ações exercidas dentro da central, garantindo assim a qualidade e, principalmente, a segurança exigida pela manipulação desses materiais (DIRTEC n° 9/2022).

### *3.2.5 Desmonte*

Após o armazenamento, os resíduos devem ser enviados para unidades de desmonte, devidamente licenciadas e instaladas em conformidade com o plano diretor, zoneamento e demais legislações municipais. Nessa etapa, os resíduos devem permanecer armazenados em local coberto, sem contato com o solo e sobreposição de resíduos. O volume de resíduos armazenados nessas unidades não pode ser superior à quantidade passível de processamento no período máximo de 6 meses da atividade e deve possuir um Plano de Gerenciamento de Resíduos Sólidos implementado (DIRTEC n° 9/2022).

#### *3.2.5.1 Processamento*

Para obter o licenciamento ambiental, as unidades de processamento devem possuir procedimentos pré-definidos para limpeza, lubrificação e manutenção das máquinas e equipamentos utilizados, incluindo a descrição do sistema de tratamento de efluentes gerados, e estar devidamente registradas no Cadastro Nacional de Operadores de Resíduos Perigosos no Instituto Brasileiro do Meio Ambiente e dos Recursos Naturais Renováveis (IBAMA) – Cadastro Técnico Federal, de acordo com a legislação vigente (DIRTEC n° 9/2022).

### *3.2.6 Transporte*

O transporte do gerador não domiciliar até a central de armazenamento e a unidade de desmonte deverá ser realizado por veículo devidamente licenciado, conforme Quadro 2, acompanhado do respectivo Manifesto de Transporte de Resíduos - MTR. Conforme Portaria n° 280/2020, o MTR se torna obrigatório para todos os geradores de resíduos

sólidos:

Art. 2º A utilização do MTR é obrigatória em todo o território nacional, para todos os geradores de resíduos sujeitos à elaboração de Plano de Gerenciamento de Resíduos Sólidos, conforme disposto no art. 20 da Lei nº 12.305, de 2 de agosto de 2010, que instituiu a Política Nacional de Resíduos Sólidos, como ferramenta online capaz de rastrear a massa de resíduos, controlando a geração, armazenamento temporário, transporte e destinação dos resíduos sólidos no Brasil. (Ministério do Meio Ambiente, 2020, art. nº2).

## 4 | CONSIDERAÇÕES FINAIS

A logística reversa tem sido tema recorrente em diversos ciclos de negócios ou meios produtivos de bens de pós-venda e de pós-consumo. Seu conceito, além de trazer benefícios ao meio ambiente, também perpassa o viés social, econômico-financeiro e legal.

Observa-se que benefícios e fatores relevantes para a aplicação da logística reversa, como: a) fatores econômicos: uma vez que a inclusão do resíduo no mercado está diretamente relacionada com o custo da produção, por meio da sua reutilização; b) fatores governamentais: por se relacionar diretamente à legislação e à PNRS, seus princípios, instrumentos e objetivos; c) responsabilidade compartilhada; através do comprometimento das empresas fabricantes com a coleta de seus produtos ao final da vida útil e dos consumidores pelo correto descarte; d) tecnológicos; uma vez que abre espaço para avanços tecnológicos que proporcionam a reciclagem de produtos com a finalidade de reaproveitamento após seu descarte; e) ambiental; reutilizar esses materiais diminui a pressão sobre recursos não renováveis pelas empresas e diminui a poluição ambiental, uma vez que não haverá o descarte final.

Em suma, entende-se que a logística reversa atua como ferramenta essencial na gestão integrada de resíduos ao estabelecer a responsabilidade compartilhada pelo ciclo de vida dos produtos, garantindo ganhos ambientais e de saúde pública, além de ser uma ação prática para o desenvolvimento sustentável.

## REFERÊNCIAS

ABNT NBR 12235:1992. **Armazenamento de resíduos sólidos perigosos** - procedimentos. Rio de Janeiro: ABNT, 1992.

ABNT NBR 11174:1990. **Armazenamento de resíduos classes II não inertes e III - inertes**. Rio de Janeiro: ABNT, 1990.

AGRAWAL, S.; SINGH, R. K. Analyzing disposition decisions for sustainable reverse logistics: Triple Bottom Line approach. **Resources, Conservation and Recycling**, v. 150, p. 104448, 2019.

BONATO, S.; SCHWANTZ, P. I.; PRESTES, M. M. B.; BOHRER, R. E. G.; LARA, D. M. administração pública no âmbito da gestão de resíduos sólidos: um diagnóstico no município de Soledade/RS. **Revista Metropolitana de Sustentabilidade**, v. 11, n. 1, p. 128-153, 2021.

BRASIL. **Decreto Federal nº 10.936, de 12 de janeiro de 2022.** Regulamenta a Lei nº 12.305, de 2 de agosto de 2010, que institui a Política Nacional de Resíduos Sólidos.

BRASIL. **Lei nº 9605 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.

BRASIL. **Lei Federal nº 12.305, de 2 de agosto de 2010.** Institui a Política Nacional de Resíduos Sólidos; altera a Lei no 9.605, de 12 de fevereiro de 1998; e dá outras providências.

BRASIL. **Lei Complementar nº 140 de 08 de dezembro de 2011.** Fixa normas, nos termos dos incisos III, VI e VII do caput e do parágrafo único do art. 23 da Constituição Federal, para a cooperação entre a União, os Estados, o Distrito Federal e os Municípios nas ações administrativas decorrentes do exercício da competência comum relativas à proteção das paisagens naturais notáveis, à proteção do meio ambiente, ao combate à poluição em qualquer de suas formas e à preservação das florestas, da fauna e da flora; e altera a Lei nº 6.938, de 31 de agosto de 1981.

CARVALHO, R. B.; SANTOS, V. L. P.; SCHWANTZ, P. I.; COSTA, E. S.; PRESTES, M. M. B.; LARA, D. M. Gerenciamento dos resíduos dos serviços de saúde em um hospital no Rio Grande do Sul. **Revista Estudo & Debate**, v. 28, n. 2, 2021.

FARIA, H. C. G.; POLIDO, A. F. Logística Reversa: um interesse em constante crescimento. **V SIMTEC:** Simpósio de Tecnologia -Faculdade de Tecnologia de Taquaritinga, 2018.

GIOVANNI, C.; MARQUES, F. L. N.; GÜNTHER, W. M. R. Resíduos químicos laboratoriais: classificação de perigo pelo GHS e risco no transporte. **Revista de Saúde Pública**, v. 55, 2021.

JULIANELLI, V.; CAIADO, R. G. G.; SCAVARDA, L. F.; CRUZ, S. P. D. M. F. Interplay between reverse logistics and circular economy: critical success factors-based taxonomy and framework. **Resources, Conservation and Recycling**, v. 158, p. 104784, 2020.

MINISTÉRIO DO MEIO AMBIENTE. **Portaria nº 280 de 30 de junho de 2020.** Regulamenta os arts. 56 e 76 do Decreto nº 7.404, de 23 de dezembro de 2010, e o art. 8º do Decreto nº 10.388, de 5 de junho de 2020, institui o Manifesto de Transporte de Resíduos - MTR nacional, como ferramenta de gestão e documento declaratório de implantação e operacionalização do plano de gerenciamento de resíduos, dispõe sobre o Inventário Nacional de Resíduos Sólidos e complementa a Portaria nº 412, de 25 de junho de 2019.

OLIVEIRA, E. F., MARQUES, G. P. CAMPOS, E. S. LIMA, V. S., CAMPOS, V. G.; MAGALHÃES, M. R. Logística reversa: importância econômica, social e ambiental. **Brazilian Journal of Animal and Environmental Research**, v. 3, n. 4, p. 4325-4337, 2020.

OLIVEIRA, T. G.; BARROS, M. M.; COSTA, R. R.; REZENDE, D. C. V.; REZENDE, S. D. C.; BOSCATI, L.; XIMENES, S. L. S. A.; REZENDE, A. L. L. S. Análise da logística reversa brasileira: a compreensão legal diante a gestão de resíduos com base no estudo da revisão da literatura. **Brazilian Journal of Development**, v.7, n.5, p. 50759-50744, 2021.

RIO GRANDE DO SUL. **Lei Estadual nº 10.330, de 27 de dezembro de 1994.** Dispõe sobre a organização do Sistema Estadual de Proteção Ambiental, a elaboração, implementação e controle da política ambiental do Estado. Diário Oficial do Estado, Porto Alegre, RS, 28/12/1994.

RIO GRANDE DO SUL. **Lei Estadual nº 14.528, de 16 de abril de 2014**. Institui a Política Estadual de Resíduos Sólidos e dá outras providências. 2014.

RIO GRANDE DO SUL. **Resolução nº 372, de 22 de fevereiro de 2018**. Conselho Estadual do Meio Ambiente. Dispõe sobre os empreendimentos e atividades utilizadores de recursos ambientais, efetiva ou potencialmente poluidores ou capazes, sob qualquer forma, de causar degradação ambiental, passíveis de licenciamento ambiental no Estado do Rio Grande do Sul, destacando os de impacto de âmbito local para o exercício da competência municipal no licenciamento ambiental. 2018.

RIO GRANDE DO SUL. **Portaria FEPAM nº 87, de 29 de outubro de 2018**. Aprova o Sistema de Manifesto de Transporte de Resíduos - Sistema MTR Online e dispõe sobre a obrigatoriedade de utilização do Sistema no Estado do Rio Grande do Sul e dá outras providências.

RIO GRANDE DO SUL. **DIRTEC FEPAM N° 09 de 06 de junho de 2022**. Diretriz Técnica para o licenciamento ambiental de atividades envolvendo a logística reversa de produtos pós-consumo que contenham metais pesados. 2022.

# LATITUDINAL TRENDS IN FOLIAR OILS OF *Hyptis suaveolens*

Data de submissão: 29/07/2022

Data de aceite: 01/11/2022

### Tatiane Martins Lobo

Universidade Federal de Goiás, Instituto de Química  
Goiânia – Goiás  
<http://lattes.cnpq.br/2439427579023421>

### Raquel Ferreira dos Santos

Universidade Federal de Goiás, Instituto de Química  
Goiânia – Goiás  
<http://lattes.cnpq.br/8737170467298135>

### Elaine Rose Maia

Universidade de Brasília, Instituto de Química  
Brasília – DF  
<http://lattes.cnpq.br/5478396330543815>

### Pedro Henrique Ferri

Universidade Federal de Goiás, Instituto de Química  
Goiânia – Goiás  
<http://lattes.cnpq.br/2129799749473005>

**ABSTRACT:** Essential oil constituents from three chemotypes of *Hyptis suaveolens* from Brazilian Cerrado were optimised by semi-empirical molecular orbital method and some physicochemical properties, and its distance-based topological indices were

calculated. The results were submitted initially to principal component (PCA) and hierarchical cluster analysis (HCA) which allowed four groups of constituents to be distinguished with respect to biosynthetic class and oxidation level. Monoterpene hydrocarbons were produced in the samples grown at higher latitudes and characterised by the highest positive heats of formation ( $DH_f$ ) and the lowest topological hierarchy. On the other hand, oxygenated sesquiterpenes, with the lowest  $DH_f$  values and the highest topological level, were mainly produced in the samples grown at lower latitudes. A trend to more highly oxidised monoterpene and sesquiterpenes seems to accompany the transition from the central Brazilian plateau (chemotypes I and II) to sites near the Amazonian region (chemotype III).

**KEYWORDS:** Essential oils; chemotypes; topological index.

### TENDÊNCIAS LATITUDIAIS EM ÓLEOS FOLIARES DE *Hyptis suaveolens*

**RESUMO:** Os constituintes dos óleos

essenciais de três quimiotipos de *Hyptis suaveolens* do Cerrado brasileiro foram otimizados pelo método semiempírico do orbital molecular e algumas propriedades físico-químicas e os índices topológicos baseados em distância foram calculados. Os resultados foram submetidos a análise de componentes principais (PCA) e de agrupamento hierárquico (HCA) o qual permitiram a distinção de quatro grupos de constituintes com respeito a classe biossintética e ao nível de oxidação. Hidrocarbonetos monoterpênicos foram produzidos em amostras que cresceram em altitudes elevadas e caracterizadas pelos mais altos valores positivos do calor de formação ( $DH_f$ ) e mais baixa hierarquia topológica. Por outro lado, sesquiterpenos oxigenados, com os mais baixos valores de  $DH_f$  e os mais altos níveis topológicos foram principalmente produzidos em amostras coletadas a baixas latitudes. Uma tendência para monoterpênicos e sesquiterpenos mais oxidados parece acompanhar a transição do planalto central brasileiro (quimiotipos I e II) para locais próximos à região amazônica (quimiotipo III). **PALAVRAS-CHAVE:** Óleos essenciais; quimiotipos; índice topológico.

## 1 | INTRODUCTION

Topological data analysis plays an important role in the use of chemometric methods such as principal component analysis, pattern recognition, cluster analysis, artificial neural networks, as well as in screening combinatorial libraries (ZHANG *et al.*, 2018). The application of these multivariate data analysis methodologies requires the representation of chemical structures by a set of numbers called molecular descriptors, which contain information on the number and type of connections between the atoms that form the molecule. A number of different approaches for defining molecular descriptors are available (GONZALEZ-DIAZ *et al.*, 2007). A widely used method is the characterisation of molecular structure based on a graph theory (ZHANG *et al.*, 2019) whose topological indices relate to a numeric quantity derived directly and unambiguously from the structural graph of a molecule. Each molecule is assimilated to a graph in which atoms are represented by points called vertices and bonds are represented by edges between vertices. These natural distance-based indices can be correlated with many physical, chemical, and biological properties of various types of compounds (BALISTER *et al.*, 2007). However, to our knowledge, applications of such methods to biochemical ecology or chemosystematic data have not been described up to the present.

Plant biochemical ecology studies are generally based on calculated chemical indices that reflect the level of compound oxidation to quantify the evolutionary advancement parameters (FIGUEIREDO *et al.*, 1995) or carbon skeletal specialisation (GOTTLIEB, 1989). The number of isolated compounds or the number of their occurrences has also been used to display similarities between groups of plants (GOTTLIEB, 1982). Others consider the chemical variations within a biogenetic context using biosynthetic-step indices (LEVY, 1977) or stepmatrix methods (BARKMAN, 2001). In some studies, compounds, classes, or substitution features were simply represented as present or absent (NANDI *et al.*, 1998). While several of these methods present advantages, most suffer from problems of non-

independence to secondary compound variations and some are restricted to well-known biogenetic pathways.

In this work, distance matrix-based molecular valence connectivity indices (SLUGA *et al.*, 2020) of oil constituents from three chemotypes of *H. suaveolens* are used to demonstrate how topological indices can help to establish the connection between essential oil variations in relation to ecological and geographical environments. For this purpose, the data set used consists of essential oil constituents which were previously obtained by clustering of eleven different sampling sites of *H. suaveolens* (AZEVEDO *et al.*, 2001). Three-dimensional molecular geometry of all essential oil constituents was optimised by semi-empirical molecular orbital method and some physicochemical properties, and their molecular valence connectivity indices were calculated. In order to study chemical variability, the chemical constituents and their physicochemical properties, and molecular valence connectivity indices were submitted to principal component (PCA) and hierarchical cluster analysis (HCA) in order to detect some pattern distribution of constituents and to identify which variables can differentiate and model the groups of oil chemotypes.

## 2 | EXPERIMENTAL SECTION

### 2.1 Molecular descriptors

The 2D structure of 40 volatile constituents of *H. suaveolens* essential oil (AZEVEDO *et al.*, 2001) was sketched using ChemDraw Ultra 5.0 (CambridgeSoft) and was exported to TSAR 3D (TSAR 3D, 2000). Three-dimensional structures of all molecules were generated using CORINA package in TSAR 3D and their geometries were optimised using the COSMIC module of TSAR 3D, while the effects of flexible bond to the original conformation of molecules were considered sufficient. VAMP, a semi-empirical molecular orbital package added to TSAR 3D, was used to calculate electronic properties and to perform structure optimizations in vacuum using default parameters and AM1 method in the restricted Hartree-Fock formalism. Molecular descriptors for the entire molecules, calculated with TSAR 3D, included the molecular surface area ( $A_m$ ) and molar volume ( $V_m$ ), heats of formation ( $DH_f$ ), total dipole moment ( $m$ ), energy of the highest occupied molecular orbital ( $E_{\text{HOMO}}$ ), and energy of the lowest unoccupied molecular orbital ( $E_{\text{LUMO}}$ ). The hydrophobic parameter  $\log P$  was calculated with ACD/log  $P$  1.0 (ACDLabs). The molecular valence connectivity indices  ${}^m\text{C}^v$  ( $m$ , order 0 to 5) were calculated in TSAR 3D.

### 2.2 Multivariate analysis

Principal component (PCA) and hierarchical cluster analysis (HCA) were applied in order to examine the interrelationships between the three *H. suaveolens* chemotypes, physicochemical properties, and distance-based topological indices of all essential oil constituents. Nearest neighbour complete linkage technique was used as an index of similarity and hierarchical clustering was performed according to Ward's variance minimising method (WARD, 1963). All the calculations were carried out using the Système Portable

### 3 I RESULTS AND DISCUSSION

Qualitative and quantitative data for the set of 40 volatile compounds from *H. suaveolens* essential oil in their chemotypes I-III are shown in Table 1.

Oil constituent	$0_{\chi^v}$	$1_{\chi^v}$	$2_{\chi^v}$	$3_{\chi^v}$	$4_{\chi^v}$	$5_{\chi^v}$	$\Delta H_b$ (kcal/mol)	$E_{HOMO}$ (kcal/mol)	$E_{LUMO}$ (kcal/mol)	$\mu$ (D)	$A_m$ (Å <sup>2</sup> )	$V_m$ (Å <sup>3</sup> )	$\log P$	Chemotypes <sup>a</sup> (%)		
														I	II	III
Tricyclene	7.146	4.582	5.386	5.236	3.949	2.710	23.121	-10.146	2.797	0.480	167.86	119.94	4.041	0.23	0.15	0.72
$\alpha$ -Pinene	7.146	4.278	4.578	3.600	2.368	1.812	16.960	-9.150	1.160	0.527	173.77	123.54	4.372	0.96	0.70	0.91
Sabinene	6.983	4.343	4.303	3.468	2.453	1.339	18.125	-9.460	1.254	0.701	179.16	123.21	4.127	13.50	17.13	16.10
$\beta$ -Pinene	6.983	4.298	4.504	3.777	2.615	1.685	17.917	-9.531	1.303	0.696	173.87	121.78	4.367	2.15	1.34	1.71
Myrcene	6.983	3.601	2.683	1.307	0.648	0.296	20.174	-9.198	0.506	0.609	194.98	129.46	4.583	1.43	1.67	0.91
$\delta$ -2-Carene	7.146	4.295	4.505	3.286	2.152	1.617	8.673	-9.105	1.135	0.495	181.56	123.02	4.372	1.74	3.07	0.68
$\delta$ -3-Carene	7.146	4.278	4.525	3.383	2.186	1.620	8.103	-9.212	1.237	0.453	174.08	121.45	4.372	0.38	0.03	0.01
$\alpha$ -Terpinene	7.146	4.061	3.409	2.132	1.239	0.818	-7.948	-8.445	0.429	0.788	186.32	125.62	4.530	1.26	1.87	2.13
$\alpha$ -Cymene	6.887	3.771	3.011	1.811	1.235	0.538	-1.231	-9.196	0.540	0.849	177.77	121.62	4.017	0.08	1.85	0.07
Limonene	6.983	4.009	3.368	2.335	1.413	0.977	-4.219	-9.234	1.197	0.673	185.61	125.91	4.579	8.51	15.19	5.69
$\beta$ -Phellandrene	6.931	4.059	3.464	2.234	1.347	0.859	-1.689	-8.933	0.487	0.879	179.00	117.26	4.354	8.63	16.48	3.84
1,8-Cineole	7.814	4.721	4.930	3.536	2.744	1.956	-70.763	-10.011	2.851	1.526	181.84	132.61	2.821	9.84	1.25	8.42
$\gamma$ -Terpinene	7.146	4.044	3.393	2.114	1.222	0.810	-7.763	-8.905	1.165	0.161	189.40	125.91	4.358	2.44	10.65	3.64
<i>cis</i> -Sabinene hydrate	7.723	4.713	5.002	3.911	2.833	1.786	-51.547	-10.274	2.743	1.768	189.88	134.69	2.529	0.17	0.15	0.48
<i>p</i> -Mentha-2,4(8)-diene	7.146	4.045	3.400	2.137	1.260	0.877	-7.580	-8.493	0.403	0.423	185.18	126.62	4.550	11.73	0.92	2.86
Linalool	7.723	3.971	3.381	1.643	0.755	0.349	-48.085	-9.358	1.088	1.752	203.58	142.48	3.281	0.25	0.05	0.23
<i>cis-p</i> -Menth-2-en-1-ol	7.671	4.429	4.163	2.543	1.525	1.074	-69.010	-9.882	1.079	2.029	190.96	135.66	2.894	0.11	-	0.19
Camphor	6.607	4.516	4.917	4.483	2.902	1.755	-47.702	-10.050	1.039	3.073	172.00	129.50	2.128	0.11	0.46	0.23
<i>trans</i> -dihydro- $\alpha$ -Terpineol	7.930	4.723	4.611	3.015	1.967	1.428	-94.194	-10.320	3.394	1.848	187.62	139.48	3.061	0.03	-	0.17
Terpinen-4-ol	7.723	4.425	4.013	2.831	1.493	1.110	-71.903	-9.212	1.263	1.379	192.70	135.93	2.993	3.56	2.22	5.03
$\alpha$ -Terpineol	7.723	4.379	4.175	2.637	1.607	1.074	-73.639	-9.330	1.143	1.655	196.00	135.57	2.732	0.62	0.07	0.58
$\delta$ -Elemene	10.638	5.900	5.430	3.782	2.472	1.628	10.624	-9.334	1.125	0.944	242.47	185.11	6.572	0.99	0.29	1.40
$\alpha$ -Cubebene	10.585	6.754	6.654	5.719	4.834	3.932	0.300	-9.061	1.128	0.398	239.06	180.48	6.151	0.28	0.07	-
$\beta$ -Bourbonene	10.422	6.731	6.807	6.011	5.171	4.015	32.210	-9.526	1.315	0.504	227.36	183.03	6.166	0.48	0.07	1.04
$\beta$ -Elemene	10.475	5.848	5.427	4.106	2.787	1.935	12.051	-9.581	1.199	1.134	241.94	183.52	6.629	0.89	0.37	1.80
( <i>E</i> )-Caryophyllene	10.475	6.338	6.192	4.568	3.322	2.282	6.407	-9.082	1.239	0.564	231.07	184.66	6.777	5.55	4.75	7.94
<i>cis</i> -Thujopsene	10.690	6.597	7.178	5.996	5.063	3.367	2.088	-9.055	1.164	0.573	220.85	182.32	6.364	0.06	0.07	0.01
$\alpha$ -Humulene	10.638	5.985	5.439	3.017	1.801	1.238	4.716	-9.017	0.984	0.479	236.96	185.74	7.030	1.45	0.67	0.69
$\gamma$ -Curcumene	9.715	5.688	4.468	2.831	1.839	1.132	-3.373	-8.584	0.452	0.828	238.18	173.62	6.717	0.31	-	-
Germacrene D	10.422	6.109	5.053	3.266	1.995	1.255	6.669	-8.963	0.864	0.963	243.36	181.38	6.793	3.13	1.65	6.54
$\beta$ -Selinene	10.682	6.704	6.497	5.147	3.852	2.997	-39.944	-9.573	1.365	0.756	233.37	186.73	6.587	-	0.24	-
Bicyclogermacrene	10.638	6.345	6.095	4.318	2.800	1.985	16.349	-8.904	1.063	0.420	237.23	186.16	6.783	7.55	3.49	11.49
$\delta$ -Cadinene	9.715	6.050	5.245	4.045	3.135	2.326	-17.562	-8.975	1.203	0.215	225.45	170.01	6.553	0.08	0.29	0.42
Germacrene B	10.690	6.058	4.947	3.257	1.952	1.248	-2.489	-8.861	0.939	0.481	235.35	186.76	7.080	0.01	0.41	0.09
Spathulenol	10.792	6.756	7.179	5.773	4.610	3.739	-37.567	-9.666	1.184	1.195	228.68	189.78	4.456	2.59	3.57	3.41
Globulol	11.162	7.079	7.588	6.202	4.999	4.054	-56.593	-10.019	2.728	1.818	230.61	194.51	4.807	0.60	0.04	1.15
1,10-di- <i>epi</i> -Cubenol	11.162	6.845	6.416	5.065	3.787	3.087	-87.080	-9.258	1.162	1.613	243.64	196.59	4.970	0.18	0.07	0.45
<i>epi</i> - $\alpha$ -Cadinol	11.162	6.813	6.539	4.925	3.866	3.012	-86.875	-9.134	1.360	1.520	247.62	194.82	4.945	1.54	0.59	2.84
<i>epi</i> - $\alpha$ -Muurolool	11.162	6.813	6.539	4.925	3.866	3.012	-87.530	-9.233	1.246	1.678	242.76	194.29	4.945	0.59	1.02	1.53
$\alpha$ -Cadinol	11.162	6.813	6.539	4.925	3.866	3.012	-89.840	-9.218	1.258	1.527	245.82	193.15	4.945	0.44	0.26	0.60

<sup>a</sup>Populations sampled (AZEVEDO *et al.*, 2001): I (2), II (4), III (5).

Table 1. Volatiles from clustered *H. suaveolens* essential oil with their distance-based topological indices and physicochemical properties.

The percentage of each constituent in the oil chemotypes was obtained from the mean value of clustered original populations (AZEVEDO *et al.*, 2001). PCA ordination resulted in the suitable representation of topological hierarchy of the chemical data (Figure 1).

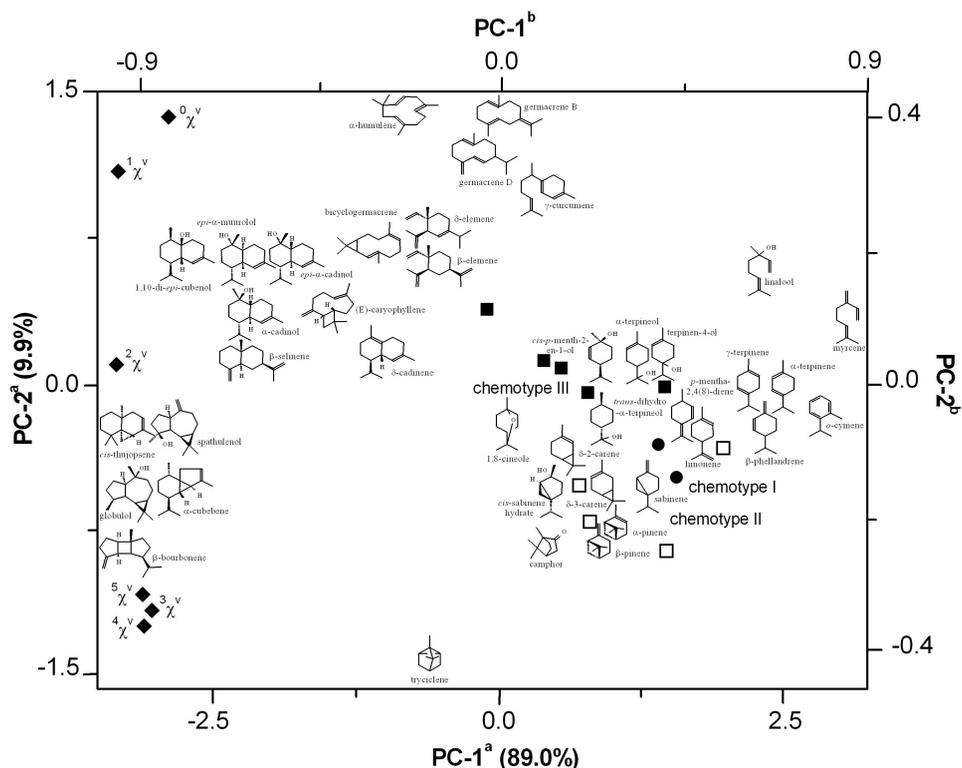


Figure 1. PCA of oil constituents from *H. suaveolens* populations with their chemotypes I (●), II (□), and III (■): loadings of volatiles (<sup>a</sup>axes) and scores (<sup>b</sup>axes) for topological indices (◆).

The pattern of terpene distribution is similar to Ruzicka's hypothetical schemes of monoterpenes and sesquiterpenes biosynthesis (DEWICK, 2009). The separation of monoterpenes and sesquiterpenes along PC-1 (89% of total variance) is in accordance with each other's biosynthetic independence because plants produce both in different pathways and subcellular compartments (LICHTENTHALER, 1999). The chemical polymorphism in chemotypes may be observed, with chemotype III on the left of PC-1. Furthermore, as the index order value increases, the degree of skeleton branching increases in each terpenoid series. The greater adjacency in branching, the lower compounds are located. All <sup>m</sup>C<sup>v</sup> indices of order  $m \geq 2$  are dependent upon the structure of the molecular skeleton, while indices of order 0 and 1 describe the immediate bonding environment of atoms and the number of cycles or rings in the structure, respectively. Based on this analysis, it is clear that valence connectivity indices provide a chemically meaningful organization of complex and quite

different backbone terpenoidal skeletons.

PCA applied to all data retaining 68% of the total variance (Figure 2).

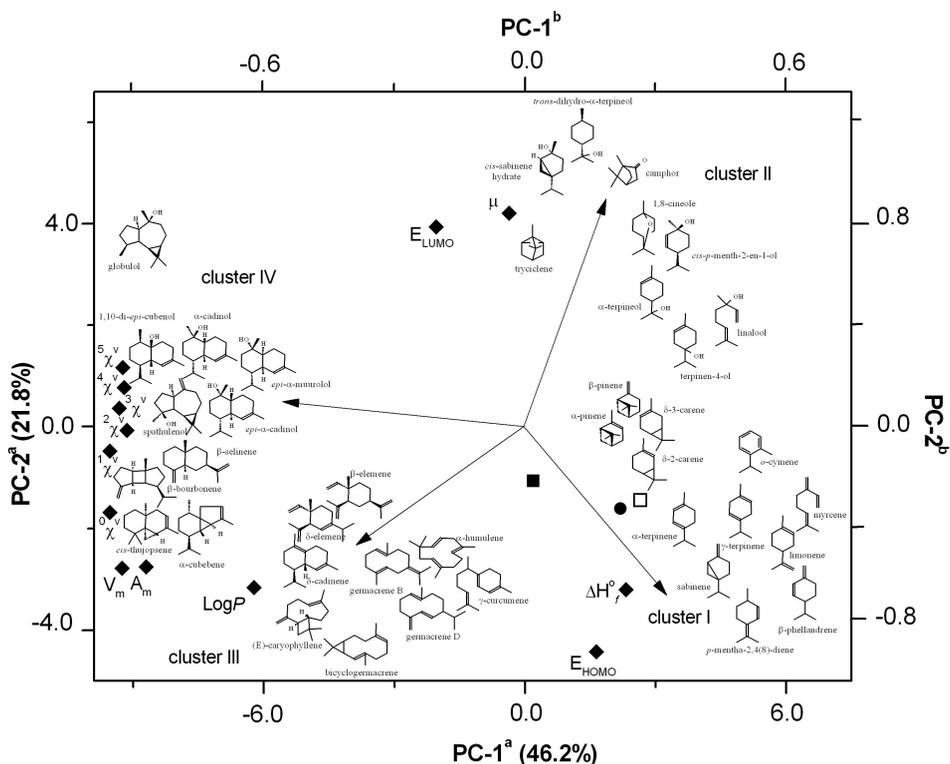


Figure 2. PCA of oil constituents to which cluster it belongs (cluster I to IV). Loadings of volatiles (<sup>a</sup>axes) and scores (<sup>b</sup>axes) for topological indices, physicochemical properties (♦) and centroids of chemotypes I (●), II (□), and III (■).

PC-1 is primarily made up of descriptors characterising the molecules in terms of their size ( $A_m$ ,  $V_m$ , and  ${}^m c^v$ ), since  ${}^m c^v$  is also a measure of the size of the molecule (RANDIC & ZUPAN, 2001), while PC-2 is primarily made up of electronic descriptors ( $E_{\text{HOMO}}$ ,  $E_{\text{LUMO}}$ ,  $m$ ,  $DH_f$ , and  $\log P$ ), since  $\log P$  is an operational definition of lipophilicity. The first component separates monoterpenes ( $C_{10}$ ) from sesquiterpenes ( $C_{15}$ ) and the second component distinguishes mainly hydrocarbons from oxygenated skeletons. Thus, four clusters of oil constituents were found according to class and oxidation level: cluster I was characterised by monoterpene hydrocarbons with higher values of  $DH_f$  ( $4.96 \pm 10.77$  kcal/mol) ( $p < 0.002$ ) and  $E_{\text{HOMO}}$  ( $-9.07 \pm 0.32$  kcal/mol) ( $p < 0.02$ ); cluster II was represented by oxygenated monoterpenes which showed higher  $m$  ( $1.72 \pm 0.64$  D) ( $p < 0.0001$ ) and  $E_{\text{LUMO}}$  ( $1.93 \pm 0.92$  kcal/mol) ( $p < 0.001$ ) values; cluster III revealed sesquiterpene hydrocarbons with higher values of  $\log P$  ( $6.77 \pm 0.17$ ) ( $p < 0.0001$ ),  $A_m$  ( $236.89 \pm 5.45$  Å<sup>2</sup>) ( $p < 0.0001$ ),  $V_m$  ( $181.88 \pm 5.65$  Å<sup>3</sup>) ( $p < 0.001$ ), and  ${}^o c^v$  ( $10.38 \pm 0.37$ ) ( $p < 0.002$ ); and cluster IV was predominantly formed by oxygenated sesquiterpenes with higher ( $p < 0.0001$ ) topological hierarchy level,

such as  $^5c^v$  ( $3.42 \pm 0.44$ ),  $^4c^v$  ( $4.39 \pm 0.56$ ),  $^2c^v$  ( $6.79 \pm 0.37$ ),  $^3c^v$  ( $5.47 \pm 0.49$ ),  $^1c^v$  ( $6.79 \pm 0.12$ ),  $^0c^v$  ( $10.90 \pm 0.28$ );  $V_m$  ( $189.57 \pm 5.68 \text{ \AA}^3$ ) and  $A_m$  ( $235.98 \pm 8.59 \text{ \AA}^2$ ).

The PCA analysis clearly shows the relationships among the different chemotypes of *H. suaveolens*. Loading values revealed a strong correlation between chemotypes I ( $p < 0.008$ ) and II ( $p < 0.0001$ ) with monoterpene hydrocarbons (mean content  $71.01 \pm 2.39\%$  and  $53.02 \pm 2.91\%$ , respectively). Results suggested that plants from sampling sites located at a higher latitude ( $S 19^\circ 4' \pm 57'$ ; chemotypes I and II) were able to accumulate monoterpene hydrocarbons with high positive  $DH_f$  values (cluster I), which may favour a better bioconversion at molecular level. On the other hand, sesquiterpenes with the highest  $\log P$  and  $^m c^v$  indice were mainly produced in plant grown at a lower latitude ( $S 15^\circ 27' \pm 1^\circ 11'$ ; chemotype III). It has not been surprising, therefore, that excellent correlations have been found between connectivity indices and hydrophobic properties of varying groups of compounds (KIER & HALL, 1986). Since terpenoids are water-insoluble (lipophilic), lipophilicity, which indicates how easily a molecule is transported across a membrane, is a closely related property of terpenoids (MAZZATORTA *et al.*, 2005). In fact, volatile terpenes that showed the highest neuroprotective activity in cellular model in vitro showed also the highest  $\log P$  (CHANG *et al.*, 2007). Hence, since the lipophilic character of compounds is an important factor in absorption, transport, partitioning phenomena, compound metabolism and excretion (LIU *et al.*, 2011), the  $\log P$  may be used for the estimation of volatile terpenoid variations in different chemotypes.

To judge from the presently available data, a trend to more highly oxidised monoterpene and sesquiterpenes seems to accompany the transition of sampling sites from the central Brazilian plateau (chemotypes I and II) to sites near the Amazonian region (chemotype III) (AZEVEDO *et al.*, 2001). The same pattern of oxidative variation was observed in the leaf essential oil of *Xylopia aromatica* (Lam.) Mart. (Annonaceae). The relative amount of oxygenated constituents was higher in specimen collected in the Amazonian region than in Cerrado plants (LAGO *et al.*, 2003). This apparent dichotomy in essential oil variation could be explained by the different climate conditions and may reflect selective pressures in the different ecological and geographical environments. Along this direction a gradual change from the cold and dry Austral Continental (Cerrado) to the hot and humid Amazonian type occurs (AZEVEDO & CASER, 1980; RIBEIRO *et al.*, 1999), which could lead to higher oxidation of plant constituents (MANN *et al.*, 1994).

## 4 | CONCLUSION

The chemical variability of *Hyptis suaveolens* essential oils is related to the latitude of the populations sampled. The results suggest that the decrease in latitude is accompanied by an increase in the complexity and degree of molecular oxidation (monoterpenes to sesquiterpenes), probably as an adaptive response to wild populations.

## ACKNOWLEDGEMENTS

We wish to thank the Accelrys and Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq) for its financial support (# 401188/2016-7).

## REFERENCES

AZEVEDO, L. G.; CASER, R. L. Regionalização do Cerrado em função dos seus ecossistemas. *In: Quinto Simpósio sobre o Cerrado: Uso e Manejo*. Editerra/EMBRAPA/CPAC: Brasília, p. 211-229, 1980.

AZEVEDO, N. R.; CAMPOS, I. F. P.; FERREIRA, H. D.; PORTES, T. A.; SANTOS, S. C.; SERAPHIN, J. C.; PAULA, J. R.; FERRI, P. H. Chemical variability in the essential oil of *Hyptis suaveolens*. **Phytochemistry**, v. 57, n. 5, p. 733-736, 2001.

BALISTER, P.; BOLLOBÁS, B.; GERKE, S. The generalized Randić index of trees. **Journal of Graph Theory**, v. 56, n. 4, p. 270-286, 2007.

BARKMAN, T. J. Character coding of secondary chemical variation for use in phylogenetic analyses. **Biochemical Systematics and Ecology**, v. 29, n. 1, p. 1-20, 2001.

CHANG, H. -J.; KIM, H. J.; CHUN, H. S. Quantitative structure-activity relationship (QSAR) for neuroprotective activity of terpenoids. **Life Sciences**, v. 80, n. 9, p. 835-841, 2007.

DEWICK, P. M. **Medicinal natural products: a biosynthetic approach**, 3<sup>rd</sup> ed. John Wiley & Sons, 2009.

FIGUEIREDO, M. R.; KAPLAN, M. A. C.; GOTTLIEB, O. R. Diterpenes, taxonomic markers? **Plant Systematics and Evolution**, v. 195, p. 149-158, 1995.

GONZALEZ-DIAZ, H.; VILAR, S.; SANTANA, L.; URIARTE, E. Medicinal chemistry and bioinformatics - current trends in drugs discovery with networks topological indices. **Current Topics in Medicinal Chemistry**, v. 7, n. 10, p. 1015-1029, 2007.

GOTTLIEB, O. R. **Micromolecular evolution, systematics and ecology**. Springer Verlag: New York, NY, 1982.

GOTTLIEB, O. R. Role of oxygen in phytochemical evolution towards diversity. **Phytochemistry**, v. 28, n. 10, p. 2545-2558, 1989.

KIER, L. B.; HALL, L. H. **Molecular connectivity in structure-activity relationship**. Wiley: New York, NY, 1986.

LAGO, J. H. G.; ÁVILA, P.; MORENO, P. R. H.; LIMBERGER, R. P.; APEL, M. A.; HENRIQUES, A. T. Analysis, comparison and variation on the chemical composition from the leaf volatile oil of *Xylopia aromatica* (Annonaceae). **Biochemical Systematics and Ecology**, v. 31, n. 6, 669-672, 2003.

LEVY, M. Minimum biosynthetic-step indices as measures of comparative flavonoid affinity. **Systematic Botany**, v. 2, n. 2, p. 89-97, 1977.

LICHTENTHALER, H. K. The 1-deoxy-D-xylulose-5-phosphate pathway of isoprenoid biosynthesis in plants. **Annual Review of Plant Physiology and Plant Molecular Biology**, v. 50, p. 47-65, 1999.

LIU, X.; TESTA, B.; FAHR, A. Lipophilicity and its relationship with passive Drug permeation. **Pharmaceutical Research**, v. 28, n. 5, p. 962-977, 2011.

MANN, J.; DAVIDSON, R. S.; HOBBS, J. B.; BANTHORPE, D. V.; HARBORNE, J. B. **Natural products. their chemistry and biological significance**. Essex Longman: London, 1994.

MAZZATORTA, P.; SMIESKO, M.; PIPARO, E. L.; BENFENATI, E. QSAR Model for Predicting Pesticide Aquatic Toxicity. **Journal of Chemical Information and Modeling**, v. 45, n. 6, p. 1767-1774, 2005.

NANDI, O. I.; CHASE, M. W.; ENDRESS, P. K. A combined cladistic analysis of angiosperms using rbcL and non-molecular data sets. **Annals of the Missouri Botanical Garden**, v. 85, n. 1, p. 137-214, 1998.

RANDIC, M.; ZUPAN, J. On interpretation of well-known topological indices. **Journal of Chemical Information and Computer Sciences**, v. 41, n. 3, p. 550-560, 2001.

RIBEIRO, L. E. L. S.; HOPKINS, M. J. G.; VICENTINI, A.; SOTHERS, C. A.; COSTA, M. A. S.; BRITO, J. M. **Flora da reserva Ducke: guia de identificação das plantas vasculares de uma floresta de terra firme na Amazônia Central**. INPA: Manaus, AM, 1999.

SLUGA, J.; VENKO, K.; DRGAN, V.; NOVIC, M. QSPR Models for Prediction of Aqueous Solubility: Exploring the Potency of Randic-type Indices. **Croatica Chemica Acta**, v. 93, n. 4, p. 1-9, 2020.

TSAR 3D. **Tools for structure activity relationships**, version 3.3. Accelrys: San Diego, CA, 2000.

WARD, J. H. Hierarchical grouping to optimize an objective function. **Journal of the American Statistical Association**, v. 58, n. 301, p. 236-244, 1963.

ZHANG, Q.; XIAO, K.; CHEN, M.; XU, L. Calculation of topological indices from molecular structures and applications. **Journal of Chemometrics**, v. 32, n. 11, p. e2928, 2018.

ZHANG, X.; AWAIS, H. M.; JAVAID, M.; SIDDIQUI, M. K. Multiplicative Zagreb indices of molecular graphs. **Journal of Chemistry**, v. 2019, e5294198, 2019.

# CLIMA URBANO E VEGETAÇÃO: O PAPEL DE UMA ÁREA DE MATA NA FORMAÇÃO DE UMA ILHA FRIA EM UMA ÁREA URBANA

*Data de submissão: 12/10/2022*

*Data de aceite: 01/11/2022*

**Gilson Campos Ferreira da Cruz**

Universidade Estadual de Ponta Grossa  
Ponta Grossa, Paraná  
<https://orcid.org/0000-0002-7804-7998>

**RESUMO:** Quando o ser humano constrói as cidades, ele provoca grande alteração da paisagem, substituindo áreas de floresta e campos por construções, pavimentação de ruas e calçadas, e provocando a criação de um novo clima, o Clima Urbano. A formação de ilhas de calor e ilhas frias são muito comuns nas áreas urbanas. Uma das medidas que pode minimizar as consequências da formação de ilhas de calor é a arborização urbana de ruas e praças, que no caso das praças, ruas e avenidas de maior extensão e terrenos particulares podem ajudar a reduzir a temperatura com a formação de ilhas frias. No presente trabalho o objeto de estudo é uma área de Mata na área urbana do município de Ponta Grossa-PR-Brasil, com aproximadamente 635 m<sup>2</sup>. O objetivo principal foi identificar a formação de ilhas frias ao longo do dia e ilhas de calor a noite. Os resultados confirmaram a formação de

ilhas frias e uma ilha de calor, assim como a não formação ilha, seja quente ou fria em um dos horários de registro. Com esta pesquisa foi possível demonstrar que a vegetação pode contribuir com a redução das temperaturas em áreas urbanas.

**PALAVRAS-CHAVE:** Clima Urbano, Vegetação, Ilha Fria, Ilha de Calor, Mudanças Climáticas

### URBAN CLIMATE AND VEGETATION: THE ROLE OF A FOREST AREA IN THE FORMATION OF A COLD ISLAND IN A URBAN AREA

**ABSTRACT:** When humans build cities, they cause large alteration in the landscape, replacing forest areas and fields with construction, paved streets, and sidewalks, and provoking the creation of a new climate, the Urban Climate. The formation of heat islands and cold islands are highly common in urban areas. One of the measures that can diminish the consequences of the formation of cold islands is the urban afforestation of streets and squares, that in the cases of squares, street and avenues with large size and private land can help to

reduce the temperature by creating cold islands. In the present study the object of study is a forest area in the urban area of the city of Ponta Grossa-PR-Brazil, with approximately 635 m<sup>2</sup>. The main objective was to identify the formation of cold islands throughout the day and heat islands at night. The results confirmed that the formation of cold islands and heat islands, likewise the not formation of islands, whether hot or cold in one of the registration times. With this study it was possible to demonstrate that the vegetation can contribute to temperature reduction in urban areas.

**KEYWORDS:** Urban Climate, Vegetation, Cold Island, Heat Island, Climate changes.

## 1 | INTRODUÇÃO

As transformações que o ser humano provoca na natureza, deixam marcas que podem ser observadas e analisadas ao longo do tempo. Quem sabe, as cidades sejam a melhor oportunidade para se analisar as consequências das ações do homem sobre o ambiente e suas implicações nas mudanças climáticas e neste sentido Lombardo (1990, p. 163) afirma que: “A cidade constitui uma das maiores alterações da paisagem produzida através do jogo de relações de forças naturais, socioeconômicas e culturais”.

Ainda sobre esta questão, Lombardo (1985, p. 18) diz que:

A afluência de população para cidades tem uma velocidade que o planejamento urbano, a ampliação da administração e o estabelecimento de um controle sanitário adequado não conseguem alcançar. As pessoas se tornam vulneráveis às enfermidades cardiovasculares, principalmente as de idade avançada. O próprio tamanho cada vez maior das cidades passa a ser inconveniente à população.

As mudanças climáticas tornam-se ainda mais relevantes, na medida em que influenciam na organização do espaço, atividades humanas, aspectos econômicos, qualidade de vida, conforto e equilíbrio ambiental.

A vegetação, quando presente nas áreas urbanas provoca interferência em praticamente todos os elementos climáticos, sendo que ao influenciar em um, acaba influenciando nos outros.

Ao interferir na quantidade de radiação que atinge diretamente a superfície, seja bloqueando ou utilizando na fotossíntese, a vegetação, das ruas, praças ou parques, provoca reduções no aquecimento da superfície e por consequência no aquecimento do ar, o que resulta na formação de ilhas frias em meio a áreas mais aquecidas em seu entorno e até mesmo em meio a ilhas de calor, particularmente, nas regiões centrais das cidades, tão características de clima urbano (GARCIA, 2010).

No Parque Trianon em São Paulo, observou-se a influência da vegetação no comportamento da temperatura do ar, seja pelo sombreamento das copas das árvores, seja pela menor temperatura que as primeiras camadas do solo atingem, de forma diferenciada na borda e no centro do parque (SHINZATO E DUARTE, 2018).

Em estudo desenvolvido em Curitiba, Martini et al (2017) analisaram o comportamento da temperatura do ar em áreas com fragmento de Mata e encontraram

diferença microclimática, entre os registros de temperaturas que apresentaram médias inferiores daquelas registradas na estação oficial.

Ainda sobre a influência da vegetação no comportamento da temperatura do ar, Oke (1987) ao tratar sobre o clima urbano e as ilhas de calor, mencionou que em Montreal forma-se uma área de temperatura mais baixa no centro geográfico, resultado da presença de um parque no local.

Em Tóquio Hamada e Mikami (1994) estudando o comportamento térmico na parte interna e externa do Parque Yoyogi, identificaram que áreas verdes no interior de áreas urbanas podem provocar a formação de ilhas frias, devido ao fato de interferirem no aquecimento da superfície, que resulta na redução da temperatura do ar na área do parque e no seu entorno, durante o dia.

A noite a vegetação do parque bloqueia a saída da radiação de onda longa e pode provocar a formação de ilha de calor noturna, pois a temperatura do ar tende a ficar mais elevada no interior de áreas com vegetação arbórea (HAMADA E MIKAMI, 1994).

Em Ponta Grossa o processo de urbanização resultou na expansão da cidade em várias direções, porém a leste do centro da área urbana, sob parte da bacia do Rio Verde, ela cresceu desde o início de sua formação onde se encontra o bairro de Uvaranas, um dos mais populosos, mas que ainda mantém parte da vegetação preservada nos terrenos particulares, o que ajuda a amenizar as temperaturas mais elevadas do clima urbano (CRUZ, 2020).

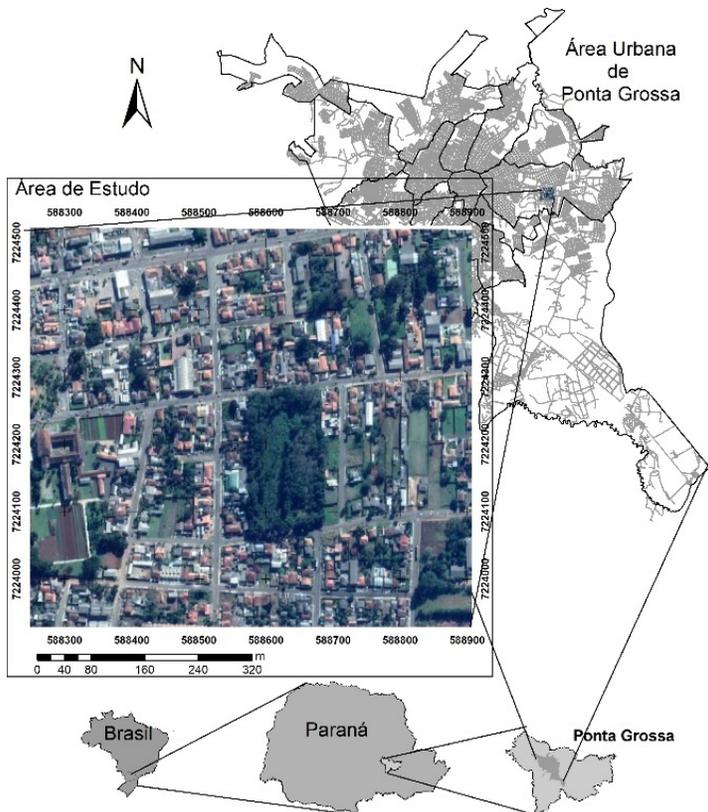
Identificar a formação de uma ilha fria no interior da área urbana de Ponta Grossa, em função da presença de uma área de Mata em meio a uma região urbanizada, foi o objetivo principal do estudo que resultou no presente artigo.

## 2 | MATERIAL E MÉTODOS

### 2.1 Área de estudo

A presente pesquisa foi desenvolvida no município de Ponta Grossa, cidade média do estado do Paraná, Brasil (Figura 1), com aproximadamente 355.336 hab., segundo estimativa do IBGE, para o ano de 2020, considerando que em 2010, 97,79% era de população urbana e 2,21% de população rural, o que corresponde na estimativa para 2020 a 347.483,1 hab. e 7.852,9 hab., respectivamente. A densidade demográfica do município, ainda com base na estimativa 2020 é de 169,93 hab./Km<sup>2</sup> (IBGE, 2020).

A área de estudo propriamente dita está localizada na porção leste da área urbana, entre a Avenida Carlos Cavalcanti, a norte e a rua Constantino Borsato a sul e entre a rua Pedro Beninca a oeste e a Travessa Antônio Caos a leste, sendo que a região principal da área de estudo é uma Mata remanescente, que forma um retângulo e se estende da rua Teixeira Mendes até a rua Andrade Neves, na sua maior extensão e entre a rua Carlos Primor e a rua João Tomé, porém sem acesso as ruas, pois foi loteado 2 faixas de terrenos, uma em cada uma das ruas, que atualmente está ocupadas por construções (Figura 1).



Fonte: PMPG (2020) e IBGE (2020)  
 Organização e desenho.: CRUZ, G. C. F.

Figura 1 Localização da Área de Estudo.

A cidade está localizada no 2º Planalto Paranaense, no reverso da Escarpa Devoniana, com distâncias entre 10 e 20 km da borda da escarpa. O terreno é ligeiramente ondulado, sendo que a área urbana se encontra em região elevada, onde nascem diversos arroios, que seguem para os afluentes do rio Tibagi. O relevo da região tem papel importante no comportamento da temperatura de superfície e do ar, principalmente, em função da grande variação na orientação de vertentes (CRUZ, 2009).

## 2.2 Localização e características dos pontos de coleta de dados

A área de estudo foi definida em função da presença de uma área de Mata no local, sendo que o objetivo principal foi identificar e analisar como se dá influência dela no clima urbano, a partir da interferência na temperatura do ar.

Para realização da pesquisa foram definidos 5 pontos de coleta de dados, sendo o Ponto A – no interior da Mata, o Ponto B – a norte, Ponto C – a leste, Ponto D – ao sul e Ponto E – a oeste da área da Mata (Figura 2).

Trata-se de uma área que compreende diversos terrenos urbanos, onde já existiram

casas e onde já viveram muitas pessoas, mas que a muito tempo não deixou de ser ocupado e com isto a Mata foi cada vez mais se regenerando e ocupando o seu espaço natural, em meio as construções e ruas asfaltadas.

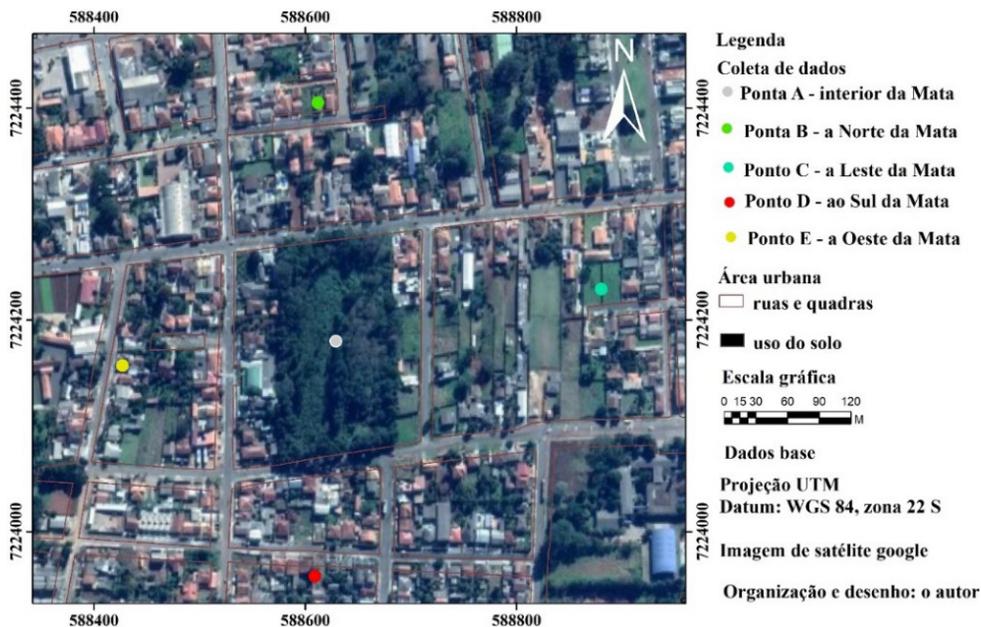


Figura 2 Localização dos pontos de coleta de dados na área de estudo.

Fonte: Cruz (2020)

Para apresentar os pontos de coleta de dados, foram inseridas fotos que retratam momentos distintos dos pontos, pois a primeira mostra o ponto quando do planejamento do trabalho de campo e a segunda, já com o miniabrigo meteorológico instalado, mostra o momento da coleta de dados.

### 2.3 Ponto A - Mata

No interior da Mata, nas coordenadas 7.224.181 m e 588.627 m, foi instalado um miniabrigo meteorológico, onde foi instalado um termohigrômetro digital, para registro da temperatura do ar e da umidade relativa. Com uma vegetação densa, com o dossel quase totalmente fechado, porém não primária, com árvores de grande e médio porte e com pouca iluminação. Na base da Mata a presença de arbustos e gramíneas em conjunto com a serapilheira favorecem o aumento da umidade na superfície e no próprio solo (Figura 3 e 4).



Figura 3 Interior do fragmento de Mata.

Fonte: arquivo pessoal



Figura 4 Miniabrigo meteorológico ponto A – Mata, a 1,5 m da superfície, onde foi instalado o termo-higrômetro para registro da temperatura do ar e da umidade relativa.

Fonte: arquivo pessoal

## 2.4 Ponto B – a Norte da Mata

O ponto B a norte da área de Mata, está localizado nas coordenadas 7.224.406 m e 588.612 m, a uma distância de 226,41 m do ponto A - Mata, dentro do raio pré-estabelecido, de 250 m. Nele foi instalado o miniabrigo meteorológico sobre um suporte a 1,5 m da superfície, com o termo-higrômetro para registro da temperatura do ar e da umidade relativa, (Figura 6).

O local foi escolhido por se tratar de um terreno urbano, sem construção, abaixo do nível da rua, em uma vertente norte, com altitude de 910 m, pois segundo Cruz (2009) as variáveis orientação de vertente e altitude são fundamentais para o Clima Urbano de Ponta

Grossa.

Tomou-se o cuidado de fazer a instalação em terreno com vegetação rasteira, distante dos muros e das casas, sempre que possível, para evitar interferências diretas no miniabrigo e por consequência nos dados, em especial dos elementos próximos, pois caso contrário a distorção dos dados seria significativa (Figura 5 e 6).



Figura 5 Ponto B – Norte.

Fonte: arquivo pessoal.



Figura 6 Miniabrigo meteorológico instalado Ponto B, com a porta voltada para o sul, sobre o suporte a 1,5 m da superfície.

Fonte: arquivo pessoal.

## 2.5 Ponto D – a Sul da Mata

No ponto D ao sul, localizado nas coordenadas 7.223.958 m e 588.608 m, a uma distância de 223,42 m do ponto A – Mata, foi instalado o miniabrigo meteorológico a 1,5 m de altura, onde foi colocado o termohigrômetro digital para registro da temperatura do ar e umidade relativa (Figura 7 e 8).

Localizado em uma vertente sul com uma elevação de 905 m, o ponto D – sul foi definido com os mesmos princípios dos demais, em um terreno urbano coberto com palha, respeitando distância adequada dos muros e das casas, um pouco abaixo do nível da rua.



Figura 7 Ponto D ao sul da área da MATA.

Fonte: acervo do autor.



Figura 8 Miniabrigo meteorológico instalado no ponto D, onde foi instalado o termo-higrômetro para registro da temperatura do ar e da umidade relativa.

Fonte: acervo do autor.

## 2.6 Ponto C a Leste da Mata

No ponto C a leste, localizado nas coordenadas 7.224.230 m e 588.878 m, a 249,74 m do ponto A – Mata, foi instalado o miniabrigo meteorológico a 1,5 m da superfície, com um termohigrômetro digital no seu interior para registro da temperatura do ar e da umidade relativa (Figuras 9 e 10).

A orientação da vertente do ponto C é leste e a altitude 915 m, com maior insolação no período da manhã. O miniabrigo ficou afastado dos muros e das casas, assim como da rua, o que reduziu significativamente as interferências dos obstáculos mais próximos.



Figura 9 Ponto C a leste da área da Mata.

Fonte: acervo do autor.



Figura 10 Miniabrigo meteorológico instalado Ponto C, com termo-higrômetro para registro da temperatura do ar e da umidade relativa.

Fonte: acervo do auto

## 2.7 Ponto E a Oeste da Mata

No ponto E a oeste, localizado nas coordenadas 7.224.157 m e 588.426 m, a 205,18 m da Mata foi instalado o miniabrigo meteorológico, a 1,5 m de altura, com um termo-higrômetro digital para registros da temperatura do ar e da umidade relativa.

Localizado em uma vertente leste, com altitude de 925 m. Neste caso, o miniabrigo foi instalado em um terreno urbano, com uma casa e muro, tendo ficado relativamente próximo aos dois (Figura 11 e 12).



Figura 11 Ponto E a Oeste da Mata.

Fonte: acervo do autor.



Figura 12 Miniabrigo meteorológico instalado ponto E a Oeste da área da Mata, com termo-higrômetro para registro da temperatura do ar e da umidade relativa.

Fonte: acervo do autor.

## 2.8 Procedimentos Metodológicos

Com a área de estudo pré-estabelecida, foram definidos os 5 pontos de coleta de dados, sendo que as condições seriam as seguintes: o Ponto A ficaria no interior da Mata, os demais pontos deveriam ficar num raio de 250 m, em condições semelhantes de uso do solo, em cada ponto seria instalado um miniabrigo meteorológico, pintado na cor branca, a 1,5 m do chão, com a porta voltada para o sul em terreno, preferencialmente, gramado. No interior do miniabrigo foi instalado o termo-higrometro digital.

A pesquisa foi desenvolvida em 2019, e o trabalho de campo foi realizado no mês de setembro, entre os dias 10 e 12, de terça-feira a quinta-feira, com registros as 9 h, às 15 h e as 21 h.

O miniabrigo, com a porta voltada para o Sul, e o termo-higrômetro foram instalados antes de cada horário de registro dos dados, sempre aguardando 5 minutos para estabilizar o instrumento

O registro dos dados em cada ponto, era realizado com um intervalo de 8 min, sendo que posteriormente era feita a correção a partir do primeiro registro no primeiro ponto.

A condição atmosférica escolhida foi de pré-frontal, por permitir o registro de dados mais representativos do sistema de tempo presente no local.

Registro fotográfico de todos os pontos de coleta de dados, para identificar as características do local e as condições do céu, muito importantes quando da análise dos dados.

### 3 | RESULTADOS E DISCUSSÕES

Uma área de Mata dentro da cidade, seja ela pública ou particular provoca interferências no clima urbano a ponto, de gerar a formação de ilhas frias, nas quais a temperatura diminui da borda para o interior da Mata.

Os dados da pesquisa demonstram que a vegetação arbórea em área urbana exerce um papel preponderante no comportamento da temperatura do ar.

No caso de uma área de Mata, como a da área de estudo, os efeitos são ainda mais potencializados, fazendo com que se forme uma Ilha Fria, na maior parte do tempo. As temperaturas quando estão mais baixas, formam centros de alta pressão e quando estão mais elevadas, centros de baixa pressão e com isto provocam a formação de ventos locais.

Para evidenciar o que os dados apontaram, foram gerados cartogramas com as isotermas, sobre a imagem de satélite, com a área de estudo e a área de Mata ao centro.

A temperatura do ar variou em mais de 3,4 °C quando dos registros realizados às 9 h do dia 10/09/19, entre os 5 pontos de coleta de dados. Ao observarmos o comportamento das isotermas, elas se apresentam com uma esfericidade bem definida, a partir do centro da Mata e principalmente na área da Mata, com aumento da temperatura do ar, do Ponto A, para os demais pontos, mostrando a formação da Ilha Fria (Figura 13).



Figura 13 Ilha Fria das 9 h do dia 10/09/2019.

Fonte: Cruz (2020).

No registro das 15 h, também, se observa a formação da Ilha Fria, porém a amplitude térmica foi maior, pois a temperatura do ar variou entre 24,8 °C e 29 °C, o que resulta numa amplitude térmica de 4,2 °C. As isothermas permitem perceber que no período da tarde a Ilha Fria apresenta uma amplitude maior no sentido oeste, noroeste e norte, consequência do momento do dia e da orientação de vertentes, que tem um papel preponderante no aquecimento da superfície e por consequência no aquecimento do ar. A densidade maior da urbanização a noroeste da área da Mata, também, contribui para este comportamento da temperatura do ar, o que já foi destacado por Cruz (2009) (Figura 14).

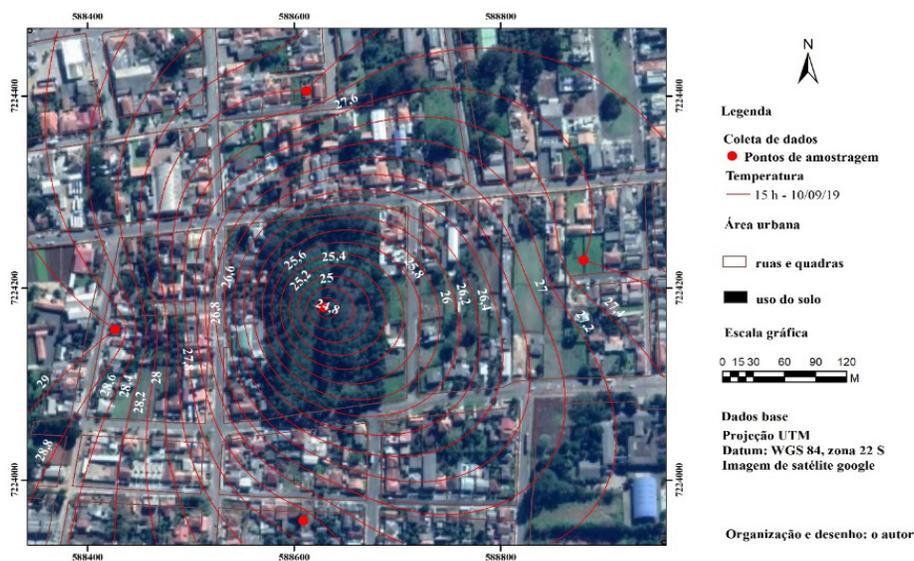


Figura 14 Ilha Fria das 15 h do dia 10/09/2019.

Fonte: Cruz (2020).

À noite, no registro das 21 h, o dia ficou completo, pois se observou a formação de uma Ilha de Calor, com o centro no Ponto A, no interior da Mata e a borda nos pontos externos. A temperatura do ar apresentou uma amplitude térmica de 1.3 °C, com destaque para o comportamento a oeste, noroeste e norte, onde a queda de temperatura foi mais acentuada, justamente onde foi registrado maior aquecimento na medição das 15 h, mas isto se explica pelo fato de que a menor presença da vegetação e devido ao processo mais intenso de urbanização, que resulta na perda mais rápida da radiação noturna, de onda longa. A variação menor da temperatura no sentido leste, sudeste e sul, se deve a maior presença de vegetação e menor intensidade da urbanização (Figura 15).



Figura 15 Ilha de Calor das 21 h do dia 10/09/2019.

Fonte: Cruz (2020).

No dia 11 de setembro os registros foram realizados normalmente, porém quando do tratamento dos dados, preparação dos cartogramas e análise, veio a surpresa, visto que os registros realizados pela manhã, às 9 h, mostraram que não ocorreu a formação da Ilha Fria, conforme observado no dia anterior. A amplitude térmica total foi de 1,8 °C, porém a menor temperatura foi registrada no Ponto B, ao norte da Mata e a maior temperatura no Ponto D, ao sul da Mata. Analisando o cartograma, é possível perceber que a partir do Ponto A, no interior da Mata, sentido ao Ponto D, variação da temperatura foi menor e que da Mata ao Ponto B a variação foi maior. Foi um dia de temperaturas menores do que as registradas no dia anterior e o que deve ter impedido a formação de uma Ilha Fria ou de Calor foram os ventos que estavam atuando pela manhã, consequência da entrada de uma massa de ar fria, que apesar de distante já começava a influenciar na região, pois estávamos num período de pré-frontal (Figura 16).

As trocas são constantes entre o ar que se encontra no interior da Mata e o ar no seu entorno, com ventos que saem da Mata, alta pressão, e refrescam no seu entorno, baixa pressão, assim como ventos que se deslocam da borda externa, alta pressão, para o interior da Mata, baixa pressão, dependendo do momento e da temperatura mais alta ou mais baixa em um lugar e no outro.



Figura 16 Campo térmico sem formação de ilha no horário das 09 h do dia 11/09/2019.

Fonte: Cruz (2020).

Já no período da tarde, os dados voltaram a indicar a formação de uma ilha fria, com o centro no Ponto A. As isotermas mostram uma proximidade maior das linhas entre a o Ponto A e o Ponto E, a oeste, indicando uma maior amplitude, que chegou a 3,4 °C, sendo que a menor amplitude fica entre o Ponto A e o Ponto C, a leste, com pouco mais de 2 °C (Figura 17).

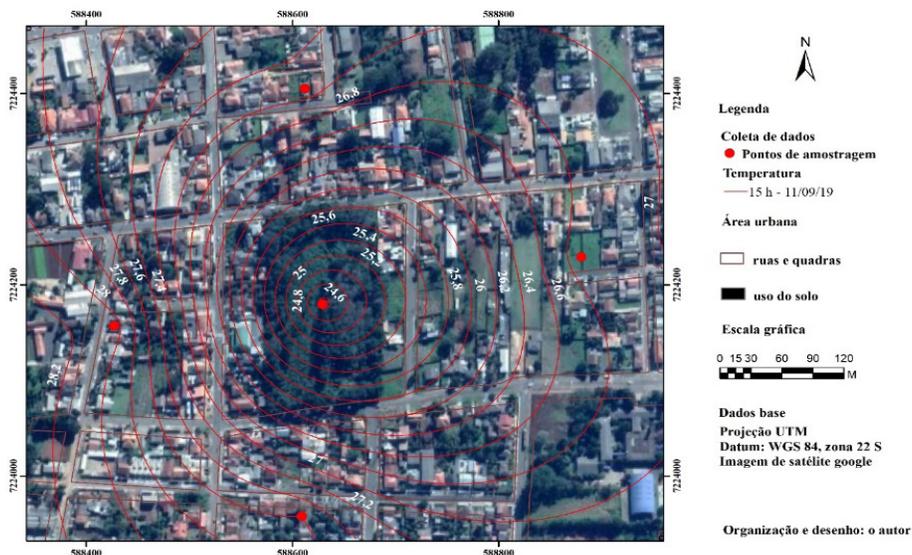


Figura 17 Ilha Fria das 15 h do dia 11/09/2019.

Fonte: Cruz (2020).

Com relação ao registro das 21 h, o que ficou evidente foi que a situação era diferente da noite anterior, pois o que se formou foi uma Ilha Fria e não Ilha de Calor. No entanto a amplitude foi uma das menores, pois ficou aproximadamente, em 1,25 °C. As condições se mantiveram mais estável, o que impediu a que de temperatura mais acentuada, fora da Mata (Figura 18).

Os dados registrados no dia 12/09/2019, mostram a formação de 3 Ilhas Frias, sendo uma pela manhã, com amplitude de 2,7 °C, com o detalhe de que a partir da Mata, o aquecimento ar mais aquecido se apresenta a sul, sudoeste e oeste, sentido dos Pontos D e E e entre eles. Trata-se de uma região com urbanização semelhante a aquela verificada na região noroeste, em relação a Mata, porém com vertentes leste e sul, as menos representativas para as variações da temperatura do ar, no local (Figura 19).

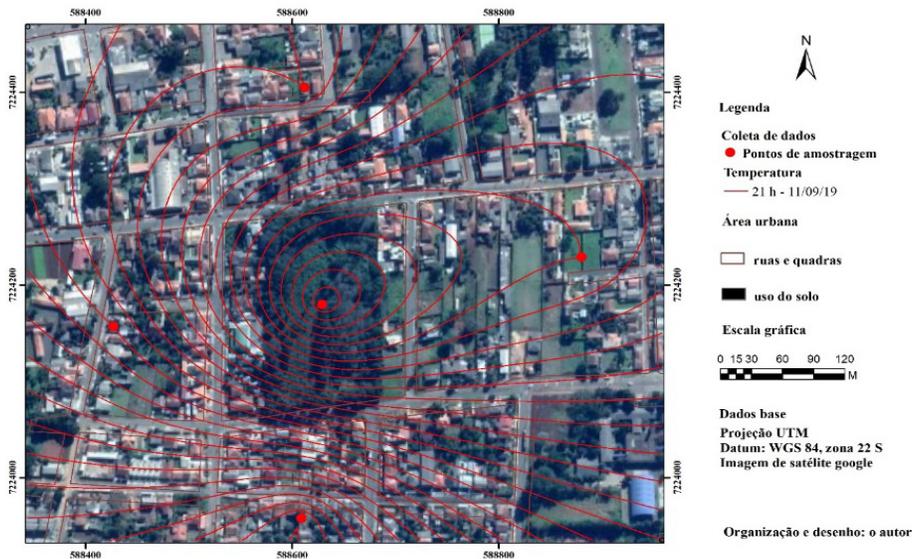


Figura 18 Ilha Fria das 21 h do dia 11/09/2019.

Fonte: Cruz (2020).

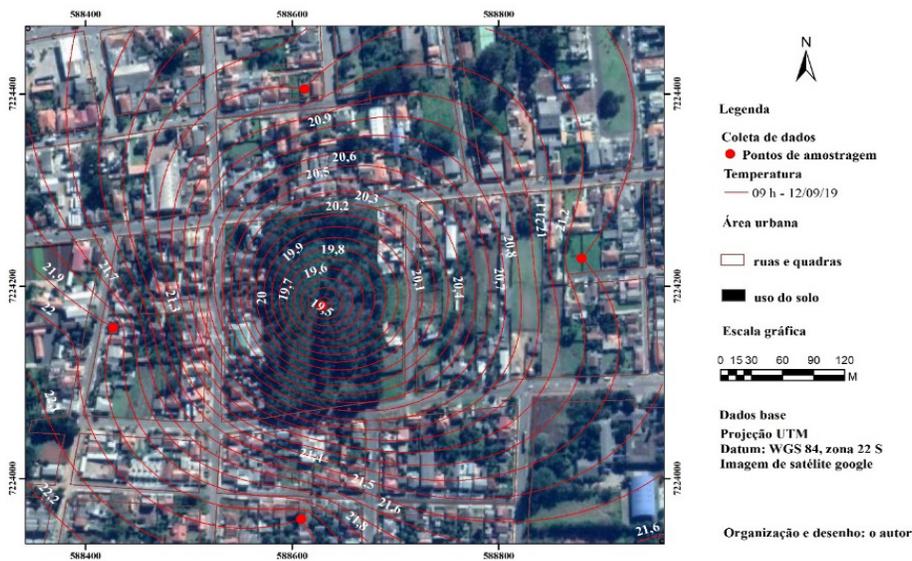


Figura 19 Ilha Fria das 09 h do dia 12/09/2019.

Fonte: Cruz (2020).

À tarde, também, formou-se uma Ilha Fria, com o centro no Ponto A, sendo que a tendência observada pela manhã se repetiu a tarde, com maior aquecimento do ar no sentido do Ponto D a sul, sudoeste, entre os pontos e Ponto E a oeste da Mata. A temperatura do ar ficou entre 25,5 °C e 28,8 °C, que resultou em uma amplitude de 3,3 °C

(Figura 20).

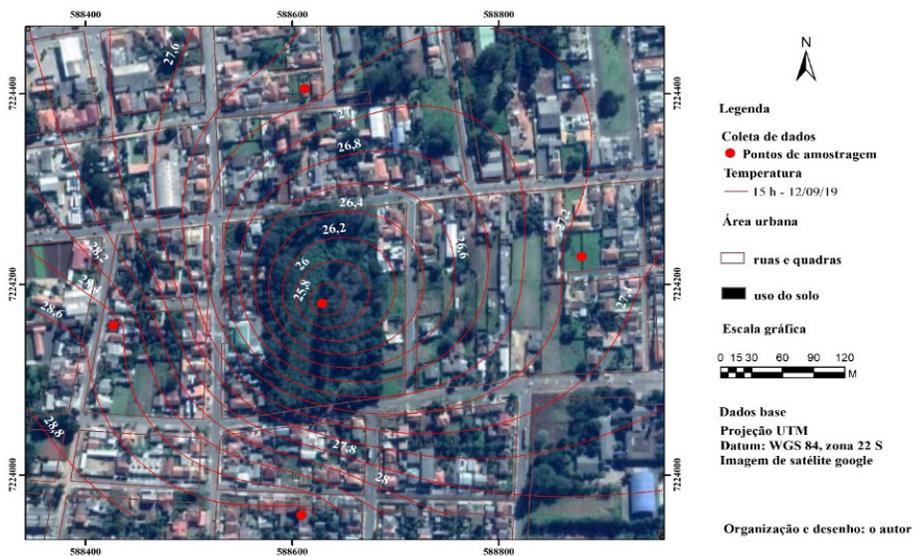


Figura 20 Ilha Fria das 15 h do dia 12/09/2019.

Fonte: Cruz (2020).

Ao analisar os dados registrados as 21 h, observa-se que, também, ocorre a formação da Ilha Fria, porém sem a tendência observada pela manhã e à tarde, quando o aquecimento maior do ar se deu mais para sul, sudoeste e oeste, em relação a Mata. O que se observou a noite foi que as condições ficaram mais homogêneas, em termo de temperatura do ar, entre os Pontos B, C, D e E. A amplitude térmica foi de 4,4 °C, a maior observada entre as 3 noites de registro e em parte isto se deve ao fato de que a frente fria já estava chegando na cidade, o que provoca num primeiro momento a elevação das temperaturas e com o céu limpo a perda de radiação é mais rápida e intensa (Figura 21).

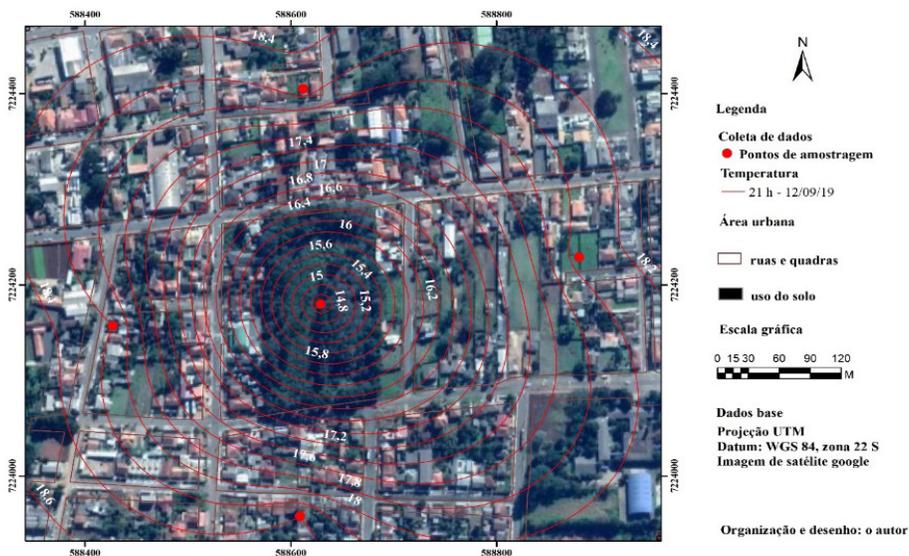


Figura 21 Ilha Fria das 21 h do dia 12/09/2019.

Fonte: Cruz (2020).

Os dados da pesquisa permitiram comprovar cientificamente que a vegetação tem um papel importante para o clima e em especial para o microclima. A formação de Ilhas Frias, com diferentes características, confirmara o que se esperava, para uma área de Mata em meio a cidade.

A formação de uma Ilha de Calor noturna na primeira noite, serviu para confirmar o que já havia sido preconizado por Lombardo (1985), Oke (2005), Hamada e Mikami (1994) Cruz (2007). Porém a fato de não ter se formado nenhum tipo de Ilha de Calor ou Fria, na manhã do segundo dia, serviu para mostrar que uma outra variável estava atuando naquele dia, de forma diferente do que já havia ocorrido nos dias anteriores, que foi o vento e o tempo atmosférico, que estava mudando com a aproximação da massa de ar e a frente fria.

#### 4 | CONSIDERAÇÕES FINAIS

A vegetação tem um papel fundamental no controle da temperatura do ar no interior de áreas de Mata nas áreas urbanas das cidades, assim como no seu entorno, pois provoca a criação de microclimas diferentes na medida em que interfere no fluxo de radiação, ora por impede o aquecimento da superfície e por consequência o aquecimento diurno do ar, devido ao seu sombreamento, ora por impedir a perda de radiação terrestre a noite, o que resulta na queda mais lenta da temperatura do ar no interior da Mata.

Na presente pesquisa os dados permitiram comprovar que uma área de Mata, mantida no interior da área interfere na temperatura do ar em seu interior e até e parte de seu entorno, a ponto de gerar a formação de uma Ilha Fria, durante o dia, conforme demonstrado nos cartogramas.

No entanto, os dados, também, permitiram identificar que em algumas noites a área de Mata pode provocar a formação de uma ilha de calor no interior de áreas urbanas, como ocorreu no primeiro dia de coleta de dados da pesquisa.

O estudo permitiu confirmar que áreas de Mata, em terrenos particulares, praças e parques, nas áreas urbanas podem funcionar com um fator moderador das temperaturas altas, normalmente encontradas nos centros urbanos.

Assim fica evidente que arborizar praças e ruas das cidades e criar parques verdes, podem ser algumas das soluções para melhorar as condições térmicas e proporcionar condições mais agradáveis, confortáveis e saudáveis para a população, que terá com certeza uma qualidade de vida melhor.

## REFERÊNCIAS

CRUZ, G. C. F., Lombardo, M. A. A Importância da Arborização para o Clima Urbano. In **Anais do II Seminário sobre Regeneração Ambiental de Cidades - Águas Urbanas II**. Londrina: Universidade Estadual de Londrina, (Cd Room), 2007.

CRUZ, G. C. F. **Clima Urbano de Ponta Grossa-PR**: uma abordagem da dinâmica climática em cidade média subtropical brasileira. Tese de Doutorado. Faculdade de Filosofia, Letras e Ciências Humanas. São Paulo, 2009.

CRUZ, G. C. F. The Urban Area of The Verde River Basin and the Environmental Impacts Caused by the Urbanization of Ponta Grossa – Pr – Brasil. **Brazilian Journal of Development**. v. 6, n. 11, p. 87952-87965 nov. 2020. Disponível em: <<https://www.brazilianjournals.com/index.php/BRJD/article/view/19849/15916>>. Acesso: dez. 2020.

GARCIA, M. C. M. **Climatologia Urbana**. Barcelona: Universitat de Barcelona, 71 p., 1999.

HAMADA T., MIKAMI T.. Cool Island phenomenon in urban green spaces: a case study of Meiji Shrine and Yoyogi Park. **Geographical Review of Japan** 67: 518-52, 1994.

IBGE – Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. **Cidades**. Disponível em: <<https://cidades.ibge.gov.br/brasil/pr/ponta-grossa/panorama>> Acessado em 21 de maio de 2020, 2020.

LOMBARDO, M. A. **A Ilha de calor nas metrópoles**: o exemplo de São Paulo. São Paulo: Hucitec. 244 p., 1985.

LOMBARDO, M. A O processo de urbanização e a qualidade ambiental – Efeitos adversos no clima. **Revista Brasileira de Geografia** 52: 161166, 1990.

OKE, T. R. **Boundary Layer Climates**. 2. ed. 1987, reimpressão, New York: Routledge. 435 p. 2005.

SHINZATO, P., DUARTE, D. H. S. Impacto da vegetação nos microclimas urbanos e no conforto térmico em espaços abertos em função das interações solo-vegetação-atmosfera. **Ambiente Construído** 18: 197-215, 2018.

# PERFIL METÁLICO EM ÁGUAS RESIDUÁRIAS PROVENIENTE DE SISTEMAS DE DRENAGEM COM DESPEJO NO MAR

*Data de submissão: 10/10/2022*

*Data de aceite: 01/11/2022*

### **Andreia Borges de Oliveira**

Doutoranda em Saúde e Meio Ambiente  
– Universidade da Região de Joinville/  
Joinville/SC  
<http://lattes.cnpq.br/6747381956058687>

### **Fernanda Engel**

Doutora em Ciência e Tecnologia  
Ambiental – Universidade do Vale do  
Itajaí. Ivaiporã/PR  
<http://lattes.cnpq.br/0725487216048675>

**RESUMO:** As atividades diversas conferidas pelo homem em regiões litorâneas além de causar impactos ao ambiente podem representar um risco a usuários das praias, tendo em vista o aumento de possíveis contaminantes no ambiente marinho. Dentre os diferentes contaminantes que podem desaguar no mar podem-se citar os metais. Assim, o presente estudo teve como objetivo traçar um perfil metálico das águas residuárias que chegam até orla da praia de Armação de Itapocoroy por meio do sistema de drenagem, no município de Penha/SC. No mês de setembro de 2021, foram coletadas 13 amostras em pontos distintos, e dos metais analisados, três deles tiveram

concentrações acima do limite Legislado (Conama, 357) com concentrações acima cerca de 3,5, 7,3 e 7,5 vezes mais, para os metais Níquel, Ferro e Manganês respectivamente. Assim, os resultados encontrados demonstraram um alerta em função dos valores encontrados quando comparados com a legislação vigente (Conama, 357), tendo em vista que diversos estudos já demonstraram que até mesmo em concentrações baixas, os metais podem provocar alterações na biota marinha, em função do seu poder cumulativo.

**PALAVRAS-CHAVE:** Drenagem urbana, Metais; Biota marinha.

### **METALIC PROFILE IN WASTEWATER FROM DRAINAGE SYSTEMS WITH DUMPING INTO THE SEA**

**ABSTRACT:** The several activities practiced by man in coastal regions, besides causing impacts to the environment, may represent a risk to beach users, considering the increase of possible contaminants in the marine environment. Among the different contaminants that can flow into the sea, metals can be mentioned. Thus, the present

study aimed to trace a metallic profile of the wastewater from the drainage system on the edge of the beach of Armação de Itapocoroy, in the municipality of Penha/SC. In September, 13 samples were collected at different points, and of the metals analyzed, three of them had concentrations above the Legislated limit (Conama, 357) with concentrations above around 3.5, 7.3 and 7.5 times more than allowed, for the metals Nickel, Iron and Manganese respectively. Thus, the results found showed us an alert due to the values found when compared with the current legislation (Conama, 357), considering that several studies have already shown that even in low concentrations, metals can cause changes to the marine biota, due to cumulative power.

**KEYWORDS:** Urban drainage; Metals; Marine biota.

## 1 | INTRODUÇÃO

Os oceanos e os mares são os derradeiros sorvedores dos subprodutos gerados pelas atividades humanas assim como é presente em rios e afluentes cada vez mais tornam-se os receptores uma grande variedade de poluentes urbanos, agrícolas e industriais, por vezes sem prévio tratamento e que finalmente chegarão aos ambientes costeiros e marinhos acarretando riscos aos ecossistemas (SOS MATA ATLÂNTICA, 2017). Ainda que mares e oceanos compreendam um ambiente de ecossistema essencial à vida, a pressão da humanidade sobre os oceanos tem acelerado nas últimas décadas (COMISSÃO OCEANOGRÁFICA INTERGOVERNAMENTAL, 2021).

Estudos demonstram que grande parte da população global (70-75%) reside em áreas litorâneas, na faixa de 100 km a partir da linha de costa e perto de 2/3 das megacidades do planeta estão localizadas em zonas costeiras ou estuarinas, e que leva a pressões nas áreas costeiras e riscos a sua biodiversidade e serviços ecossistêmicos prestados (PIACENTINI, 2019).

Das extensões costeiras expostas, as áreas litorâneas brasileiras assim como as catarinenses, estão cada vez mais suscetíveis às ações antrópicas, em especial nos meses em que há maior fluxo de pessoas, que inclui os meses de dezembro a março. Das ações conferidas pelo homem e que podem ser lesivas ao ambiente das regiões costeiras, estão a redução da vegetação fator contribuinte a erosão costeira, comprometimento da fauna, presença de resíduos bem como o escoamento de águas residuais ou residuária, ou seja, todas aquelas descartadas, resultantes da utilização em diferentes processos, seja uso doméstico (resultante de banhos, provenientes de cozinhas, lavagens de pavimentos domésticos), as águas residuais industriais (resultantes de processos de fabricação), águas de infiltração, também as águas urbanas (que resultam das chuvas, lavagem de pavimentos, regas, etc (CETESB, 2022).

Das águas provenientes do sistema de drenagem municipal por sua vez, tem sido destaque em literatura pertinente, com impacto significativo, pois frequentemente águas pluviais e esgotos (atribuído a ligações clandestinas) e, sem tratamento, escoam pelos mesmos dutos destinadas ao escoamento de água pluvial e desaguam no mar podendo desta forma exercer efeitos nocivos sobre o bem-estar os usuários das praias bem como as

espécies presentes em ambiente marinho (HENRIQUES et al., 2021; ARAÚJO et al., 2018; RODRIGUES et al., 2012).

Além da contribuição das águas de drenagem o problema é agravado quando o assunto é o serviço de saneamento básico. Estudos recentes mostram que o serviço é deficiente no país. Segundo dados apresentados pelo IBGE (2010) 52,2% dos municípios brasileiros possuem sistema de coleta de esgoto, e desses apenas 20,2% dispõem de esgoto tratado, portanto, cerca de 79,8% das cidades não efetuam qualquer tipo de tratamento. Relativo ao município de Penha/SC dados do IBGE (2017) mostra que 90.8% dos domicílios dispõem de esgotamento sanitário adequado, no entanto, eventuais fontes de poluição no município, contam com lançamentos das águas que desembocam na praia (Figura 1) em que é característico nesses locais uma colocação escura das águas lançadas e presença de mau cheiro, já destacados em temas relacionados (BAUCKE et al., 2016; AGUAS DE PENHA, 2022).



Figura 1: Lançamentos que desembocam na praia nas praias de Armação/SC em diferentes pontos.

Fonte: Autoria própria.

Desta maneira, tais águas esteticamente apresentam aspectos negativos e também podem ser extremamente perigosas em conteúdo aos ecossistemas aquáticos direcionando a importância no monitoramento e análise constante da qualidade ecológica das águas (BACIAK et al., 2016). Por sua vez, a poluição das águas, causada por diferentes atividades humanas, e que chegam indevidamente aos sistemas de drenagem municipal afeta o ecossistema em sua totalidade, uma vez que, a presença de contaminantes tais como: metais, agrotóxicos, esgotos domésticos, produtos químicos e farmacêuticos podem estar presentes e, dessa forma ocasionar efeitos tóxicos sobre a biota marinha (ZHANG et al., 2016b).

Do ponto de vista da saúde, o grau de contaminação desses ecossistemas coloca em risco a saúde dos usuários das praias bem como aqueles que utilizam essas águas

tanto para a pesca quanto para o lazer (TURRA, 2020). Portanto, ações que permeiam o saneamento básico é uma premissa que contempla a prevenção, a fim de minimizar e/ou extinguir os efeitos adversos que possam acometer à saúde das pessoas podendo para tanto, influir positivamente no desenvolvimento econômico, social e humano (HENRIQUES et al., 2021). Sendo assim, diante da problemática o presente estudo teve como objetivo traçar um perfil metálico das águas provenientes do sistema de drenagem na orla da praia de Armação de Itapocoroy, localizado no município de Penha/SC.

## 2 | MATERIAIS E MÉTODOS

### 2.1 Área de estudo

Atualmente, a orla do município de Penha/SC constitui-se em uma das áreas mais conflituosas quanto ao uso do solo e do mar do litoral centro-norte de Santa Catarina devido à ocupação urbana desordenada, bem como a inúmeros conflitos gerados entre a pesca artesanal, maricultura, navegação de recreio e a pesca industrial, ocasionando, portanto, desordens de interesses sociais, econômicos, políticos e conservacionistas (POLETTE e SILVA, 2006). Somam-se ainda, outros conflitos, no que diz respeito ao avanço de obra pública municipal e a preservação dos direitos de particulares ocupantes de área federal (JUSTIÇA FEDERAL DE SANTA CATARINA, 2022).

Com potencial turístico atrativo, Penha/SC vem se expandindo ao longo dos anos. Atribuído as suas belezas cênicas, pelas 19 belas praias (GOULART e TEIXEIRA, 2005), em que são presentes águas calmas também agitadas, ainda relativamente conservadas, e também em função do centro de lazer “Complexo Turístico Beto Carrero World”, que, por sua vez, recebe turistas o ano todo, e incentiva o setor comercial, principalmente o hoteleiro, promovendo, conseqüentemente, a ocupação da área e a especulação imobiliária (GOULART, 2006; MARENZI, 1996). A faixa litorânea é ocupada, na maioria, com residências de médio a alto padrão, ocorrendo uma expansão para as encostas dos morros que acompanham a orla marítima (NEVES, 2015). Parte desta faixa contém avenida beira-mar, e em determinados pontos corredores de deflação (trilhas abertas pelos usuários) que dão acesso às praias e em alguns pontos aparecem “pontos de lançamento de águas pluviais com efluentes” (MARENZI, 1996; NEVES, 2015).

A coleta do material para o presente estudo deu-se na orla das praias do município de Penha/SC, o qual está situado no litoral do estado de Santa Catarina, tendo com *lôcus* da pesquisa a orla das praias na Enseada da Armação de Itapocoroy, com início de trajeto em latitude S 26 47 20.73 e longitude W 48 36 19.44 e, final de percurso na latitude S 26 46 02.19 e longitude W 48 38 26.56, totalizando um percurso total de 4,681 Km.

Na área de estudo, foram mapeados 20 pontos contendo tubulação de drenagem urbana com acesso a orla e que desaguam nas praias. Também estavam presentes pontos de lançamento onde há tubulação em linha reta lançadas na praia para despejo no mar e que foram identificados no trajeto delimitado entre as coordenadas S 26 47 20.73 W 48 36 19.44 e trajeto final S 26 46 02.84 W 48 38 26.69 (Figura 2).

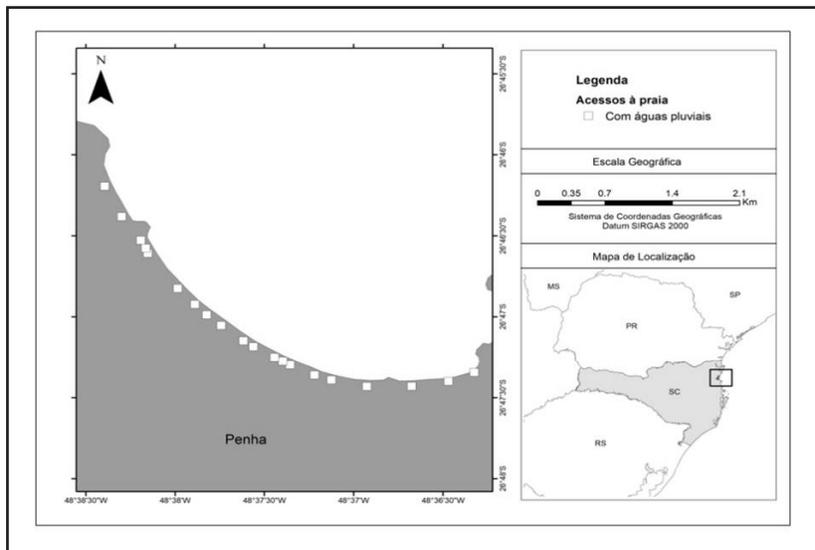


Figura 2: Localização da área de estudo contendo os 20 pontos mapeados.

Fonte: Autoria própria.

Na região da Enseada da Armação de Itapocoroy particularidades enaltecem a paisagem, atributo conferido à presença de águas calmas, enseadas e baías protegidas e que marcam a região que tem predominância da maricultura local, com produção artesanal de moluscos bivalves com finalidade ao consumo humano, bem como a pesca de arrasto para captura de camarões (ACAUAN, et al., 2018; MANZONI, 2005).

Para tanto, no mês de setembro de 2021, percorreu-se caminhando a orla das praias, a fim de conhecer e identificar os pontos de lançamento de água residuais existentes na área de estudo, sendo identificado um total de 33 pontos inicialmente, porém, nem todos os pontos apresentaram água com fluxo suficiente para a coleta de amostras durante o período do estudo, sendo georreferenciado apenas os pontos que possuíram maior fluxo, e em que foram coletadas as amostras, sendo que tais pontos podem ser observados na tabela abaixo (Tabela 1). Dos pontos coletados, alguns foram fotografados para melhor compreensão (Figura 3).

PONTOS	LOCALIZAÇÃO
<b>Ponto 1</b> - Pinguela da Maré Alta	S 26 47 20.73/ W 48 36 19.44
<b>Ponto 3</b> - Acesso pela rua Itajaí	S 26 47 24.04/ W 48 36 28.17
<b>Ponto 4</b> - Av. Alfredo Brunetti	S 26 47 25.83/ W 48 36 40.47
<b>Ponto 5</b> - Rua Blumenau	S 26 47 25.88/ W 48 36 55.57
<b>Ponto 7</b> - Rua Domingos Aniceto da Costa	S 26 47 23.50/ W 48 37 07.45
<b>Ponto 8</b> - Rua Abílio de Souza	S 26 47 21.70/ W 48 37 13.18
<b>Ponto 9</b> - Rua Carlos Santos	S 26 47 17.85/ W 48 37 21.32
<b>Ponto 11</b> - Rua Caravelas	S 26 47 11.22/ W 48 37 33.71
<b>Ponto 12</b> - Travessa após a Rua Caravelas	S 26 47 09.02/ W 48 37 37.07
<b>Ponto 14</b> - Rua Luiz Vicente da Silva	S 26 46 59.35/ W 48 37 49.43
<b>Ponto 15</b> - Rua Monte Castelo	S 26 46 55.54/ W 48 37 53.36
<b>Ponto 17</b> - Rua Joaquim Sergio Tavares	S 26 46 49.62/ W 48 38 59.15
<b>Ponto 31</b> - Rua João Manoel de Souza / acesso pelo corredor 2	S 26 46 11.76/ W 48 38 23.69

Tabela 1. Pontos de amostragem contendo a localização e coordenada geográfica.

Fonte: Autoria própria.

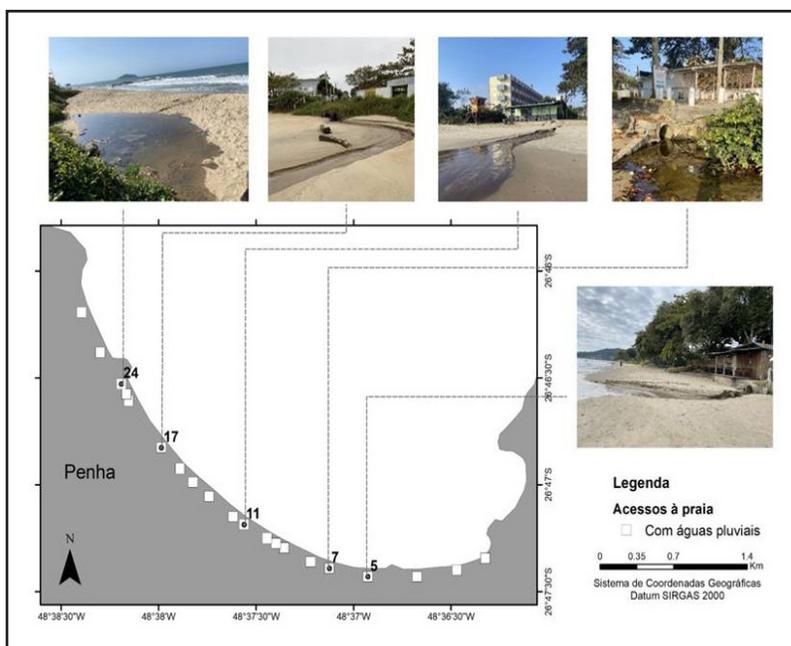


Figura 3: Pontos amostrados que foram fotografados na praia de Armação/SC, representando respectivamente os pontos 26, 17, 11, 7 e 5.

Fonte: Autoria própria.

## 2.2 Coleta e análises químicas

A primeira coleta foi realizada no dia 02/09/2021, a partir de uma caminhada na orla

da praia. Neste dia foram coletadas 5 amostras (pontos: 5, 7, 8, 9 e 15). A segunda coleta foi realizada na data de 14/09/2021, coletando as amostras nos pontos não coletados anteriormente, tendo ao final deste dia, 5 amostras, (pontos: 11, 12, 14, 26 e 31). A terceira e última coleta foi realizada no dia 27/09/2021, coletando-se 3 amostras (pontos: 1, 3 e 4). Os dias diferentes foram em decorrência da não observância de fluxo em certos pontos, e assim, ao final dos 20 pontos amostrados, restaram-se 13, em decorrência ou de contaminação da amostra ou ainda não observância de fluxo nos dias destinados à coleta, conforme anteriormente mencionado.

Ao final, as amostras foram armazenadas em frascos de vidro de cor âmbar, previamente higienizados atendendo critérios pertinentes a coleta e preservação das amostras (CETESB, 2011). Após as medições dos parâmetros de campo cada uma das amostradas coletadas foi identificada com o ponto de amostragem e armazenada em caixa térmica a temperatura de 6°C ( $\pm 2^\circ\text{C}$ ).

Ao final, as amostras foram encaminhadas para laboratório para análise quanto à presença de metais (Chumbo, Zinco, Níquel, Manganês, Cromo, Cobalto, Cádmiio, Ferro e Cobre). O laboratório terceirizado em questão (AQUAPLANT unidade Joinville/SC) possui certificação da Coordenação Geral de Acreditação do Inmetro NBR ISO/IEC 17025:2005, e é reconhecido perante o Instituto do Meio Ambiente – IMA. A tabela abaixo (Tabela 2) demonstra os metais que foram analisados, os métodos de análise utilizados e o limite de quantificação.

Análise	Método	Limite de quantificação ( $\mu\text{g/L}$ )
Chumbo	SMWW, 23ª Edição, Método 3120 B, EPA 200.2:1994.	0,0100
Zinco	SMWW, 23ª Edição, Método 3120 B, EPA 200.2:1994.	0,0050
Níquel	SMWW, 23ª Edição, Método 3120 B, EPA 200.2:1994.	0,0060
Manganês	SMWW, 23ª Edição, Método 3120 B, EPA 200.2:1994.	0,0050
Cromo	SMWW, 23ª Edição, Método 3120 B, EPA 200.2:1994.	0,0050
Cobalto	SMWW, 23ª Edição, Método 3120 B, EPA 200.2:1994.	0,0050
Cádmiio	SMWW, 23ª Edição, Método 3120 B, EPA 200.2:1994.	0,0010
Ferro	SMWW, 23ª Edição, Método 3120 B, EPA 200.2:1994.	0,0070
Cobre	SMWW, 23ª Edição, Método 3120 B, EPA 200.2:1994.	0,0050

Tabela 2. Relação dos metais traço analisados em amostras de água proveniente de sistemas de drenagem municipal, métodos de análise a ser utilizado e limite de quantificação.

Fonte: Fornecido e extraído de relatórios de análise do laboratório terceirizado.

## 3 | RESULTADOS E DISCUSSÃO

### 3.1 Dados pretéritos do Instituto do Meio Ambiente

Investigaram-se os dados publicados pelo Instituto do Meio Ambiente de Santa Catarina – IMA, no que diz respeito à balneabilidade das praias. Dos relatórios publicados

constatarem-se dados sobre análises microbiológicas, e em especial, quanto à presença de *Escherichia coli* (presente em fezes de animais e humanos), não havendo, portanto, dados publicados a respeito da investigação de substâncias químicas, tais como metais traço nas amostras coletadas.

De acordo com o IMA, dos 231 pontos coletados e analisados (das amostras de água do mar), pontos esses priorizados devido ser locais com maior frequência de banhistas sendo assim considerados mais passíveis a poluição, desses 231 pontos, 11 encontram-se em Penha/SC (Figura 4) e três dos pontos estão presente ao longo da orla da praia da Armação (destaque em vermelho), o que coincide com os pontos de coleta deste estudo, pois incluem pontos localizados nas ruas: Rua Blumenau, Rua Domingos Aniceto da Costa, Rua Inês Souza. Em 2 locais, no relatório constataram-se aspectos negativos quanto a balneabilidade, ou seja, tais pontos mostraram-se impróprios para banho. Portanto, além da presença de metais traço na água, certos pontos também apresentaram-se estas características negativas.

GOVERNO DO ESTADO DE SANTA CATARINA INSTITUTO DO MEIO AMBIENTE DE SANTA CATARINA		
RELATÓRIO N°: 14		DATA: 11/03/2022
LEGENDA		
☺ PRÓPRIO		☹ IMPRÓPRIO
<b>PENHA</b>		
Balneario - Local de coleta	DATA DA COLETA	SITUAÇÃO
PRAIA ALEGRE (Ponto 02) FOZ DO RIO PIÇARRAS	08/03/2022	☹
PRAIA ALEGRE (Ponto 01) PRENTE A TRAV. BRITELIS DE MANGUEIROS SAZIZO	08/03/2022	☹
PRAIA DA ARMAÇÃO DO ITAPOCORÓI (Ponto 11) EM PRENTE A RUA ANICETO DA COSTA	08/03/2022	☺
PRAIA DA ARMAÇÃO DO ITAPOCORÓI (Ponto 04) RTE R. BLUMENAU, SASO - PRAIA DA FORTALEZA	08/03/2022	☹
PRAIA DA ARMAÇÃO DO ITAPOCORÓI (Ponto 05) EM PRENTE A RUA MARIA EMILIA COSTA	08/03/2022	☹
PRAIA DA ARMAÇÃO DO ITAPOCORÓI (Ponto 03) RTE R. INÊS DE SOUZA - PRAIA DO QUELIMBO	08/03/2022	☹
PRAIA DA SAUDADE (Ponto 06) NA ENTRADA DA PRAIA	08/03/2022	☺
PRAIA DE SÃO MIGUEL (Ponto 10) EM PRENTE A RUA ANJO BECKER	08/03/2022	☺
PRAIA GRANDE (Ponto 08) PRÓXIMO AS PEDRAS	08/03/2022	☺
PRAIA VERMELHA (Ponto 09) PRENTE A RUA PRINCIPAL DO ACESSO	08/03/2022	☺
PRAIA DA PENHA (Ponto 07) PRENTE A RÓTULA DE RETORNO (RUA DA VOZ)	08/03/2022	☺

Figura 4: Dados referentes à balneabilidade de praias de Santa Catarina/SC, destacando-se três pontos coincidentes do presente estudo.

Fonte: Ima, 2022.

Segundo especialistas, um alerta aos riscos à saúde é evidente, tendo que o contato com a água contaminada pode ocasionar infecções nos olhos, ouvidos, nariz e pele, bem como inflamações no trato gastrointestinal em decorrência de organismos presentes na água bem como acometer doenças graves a médio e longo prazo em virtude a presença de contaminantes tóxicos que estão presentes na água (CRUZ et al., 2021; BONFIM, 2020; NASCIMENTO, 2015; MONTAGNER et al., 2011). Salienta-se que o comprometimento da balneabilidade impacta diretamente no setor turístico, ocasionando em aspectos negativos

para a praia em si e também para o próprio município (OLIVEIRA, 2021; PIRES, 2005).

Outro ponto a ressaltar é sobre ausência de monitoramento em pontos onde se vê presença de línguas também presente na área de estudo, essas não são monitoradas pelo IMA tendo a competência da concessionária de água local do município, para a verificação de vazamentos em tubulações juntamente com tratamento dos efluentes da localidade (BAUCKE, 2016; IMA, 2022). Como o município de Penha/SC não conta com estação de tratamento de esgoto, sendo apenas realizado por tratamentos individuais, em sua maioria, torna-se passível o lançamento de efluentes clandestinos e sem tratamento nesses pontos. Sendo assim, não foram localizados dados que demonstrassem análises em línguas negras que foram realizados por algum órgão ou entidade.

Para análise das águas coletadas seguiu-se a resolução do Conselho Nacional do Meio Ambiente – Conama/357, que dispõe sobre a classificação dos corpos de água e diretrizes ambientais para o seu enquadramento, bem como estabelece as condições e padrões de lançamento de efluentes, e dá outras providências. Portanto, o valor adotado para limite relacionou-se às águas de Classe 1, tendo em vista os seguintes usos:

- a) à recreação de contato primário, conforme Resolução Conama nº 274, de 2000;
- b) à proteção das comunidades aquáticas; e
- c) à aquicultura e à atividade de pesca.

### 3.2 Análise dos metais traço

No que diz respeito aos 9 metais traço analisados verificou-se, portanto que três metais estiveram acima do limite legislado para águas de Classe 1 (Tabela 3 e 4), sendo eles o Manganês (máx 0,1 mg/L), Ferro (0,3 mg/L) e o Níquel (0,025 mg/L).

PARÂMETROS	27/9/22	27/9/22	27/9/22	2/9/21	2/9/21	2/9/21	2/9/21	357 Art. -Classe 1 Águas salinas
	S 26 47 20.73 W 48 36 19.44	S 26 47 24.04 W 48 36 28.17	S 26 47 25.83 W 48 36 40.47	S 26 47 25.88 W 48 36 55.57	S 26 47 23.50 W 48 36 07.45	S 26 47 21.70 W 48 37 13.18	S 26 47 17.85 W 48 37 21.32	
	P 1	P 3	P 4	P 5	P 7	P 8	P 9	
Pb	<0,0100	<0,0100	<0,0100	<0,0100	<0,0100	<0,0100	<0,0100	Máx. 0,01 mg/L
Zn	0,0124	0,0427	0,0100	0,0480	0,0413	0,1457	0,0761	Máx. 0,18 mg/L
Ni	<0,0060	<0,0060	<0,0060	<0,0060	<0,0060	0,0128	0,0071	Máx. 0,025 mg/L
Mn	0,7530	<b>0,2868</b>	<b>0,1030</b>	0,0661	0,0559	<b>0,1182</b>	<b>0,2119</b>	Máx. 0,1 mg/L
Cr	<0,0050	<0,0050	<0,0050	<0,0050	<0,0050	<0,0050	<0,0050	Máx. 0,05 mg/L
Co	<0,0050	<0,0050	<0,0050	<0,0050	<0,0050	<0,0050	<0,0050	Máx. 0,05 mg/L
Cd	<0,0010	<0,0010	<0,0010	<0,0010	<0,0010	<0,0010	<0,0010	Máx. 0,001 mg/L
Fe	<b>2,2194</b>	<b>1,9062</b>	0,6440	0,4472	0,4542	<b>1,1284</b>	<b>1,0253</b>	Máx. 0,3 mg/L
Cu	0,0062	0,0135	<0,0050	0,0062	0,0053	0,0197	0,0102	

Tabela 3: Resultado analítico dos 9 compostos metálicos analisados em amostras de água coletadas dos sistemas de drenagem municipal lançados na orla da praia da Armação/SC para despejo no mar nas datas de 27/09 e 02/09 de 2021.

Fonte: Autoria própria.

PARÂMETROS	14/9/21	14/9/21	14/9/21	2/9/21	14/9/21	14/9/21	357 Art. -Classe 1 Águas salinas
	S 26 47 11.22 W 48 37 33.71	S 26 47 09.02 W 48 37 37.07	S 26 47 59.35 W 48 37 49.43	S 26 46 55.54 W 48 37 53.36	S 26 46 49.62 W 48 38 59.15	S 26 46 11.72 W 48 38 23.68	
	P 11	P 12	P 14	P 15	P 26	P 31	
Pb	<0,0100	<0,0100	<0,0100	<0,0100	<0,100	<0,0100	Máx. 0,01 mg/L
Zn	0,0328	0,0169	0,0164	0,0573	<0,0050	0,0116	Máx. 0,18 mg/L
Ni	<0,0060	0,0938	0,0972	<0,0060	<0,0060	<0,0060	Máx. 0,025 mg/L
Mn	0,0307	0,0938	0,0972	0,0240	0,0590	0,1145	Máx. 0,1 mg/L
Cr	<0,0050	<0,0050	<0,0050	<0,0050	<0,0050	<0,0050	Máx. 0,05 mg/L
Co	<0,0050	<0,0050	<0,0050	<0,0050	<0,0050	<0,0050	Máx. 0,05 mg/L
Cd	<0,0010	<0,0010	<0,0010	<0,0010	<0,0010	<0,0010	Máx. 0,001 mg/L
Fe	0,2251	1,8457	0,5269	0,2792	0,3533	1,0504	Máx. 0,3 mg/L
Cu	<0,0050	<0,0050	<0,0050	0,0062	<0,0050	<0,0050	

Tabela 4: Resultado analítico dos 9 compostos metálicos analisados em amostras de água coletadas dos sistemas de drenagem municipal lançados na orla da praia da Armação/SC para despejo no mar nas datas de 14/09 e 02/09 de 2021 nos pontos 11, 12, 14, 15, 26, e 31.

Fonte: Autoria própria.

No Brasil é utilizada a Resolução Conama nº 357 de 25 de março de 2005 (CONAMA, 2005) para controlar e taxar os limites máximos de contaminantes, isto tem gerado polêmica, pois induz uma nova postura, principalmente nas indústrias. Assim, a preocupação do uso racional da água vem sendo norteadada basicamente em função de seu custo, que tende a aumentar, devido aos conceitos de consumidor pagador e poluidor pagador, regidos pela legislação ambiental (KUNZ, 2002). Entretanto, apesar destas novas orientações, os despejos de efluentes industriais, domésticos, agrícolas, fármacos, de mineração e outros constituem a maior fonte antrópica de contaminantes que são lançados nos corpos d'água, impactando os ecossistemas aquáticos (POMPEO et al., 2022; MARQUES e PINHEIRO, 2018; LIMA et al., 2016), bem como prejuízos à saúde humana (TIJANI et al., 2016).

Das preocupações que emergem sobre o abastecimento de água à população este permeia sobre contaminantes lançados nas águas, em que as estações de tratamento de água e as estações de tratamento de esgoto, quando presentes nos municípios, essas ainda não possuem tecnologia no tratamento sanitário, capaz de remover na totalidade a presença de fármacos e de outros poluentes (bifenilos policlorados - PCBs, bisfenol, ftalato e organotinas, hormônios) (AQUINO et al., 2013). Assim, tais poluentes podem causar interferência na função hormonal de um organismo (RANI; KARTHIKEYAN, 2016; TIJANI et al., 2016), alterar funções endócrinas dos organismos aquáticos (ARAÚJO et al., 2018; PEREZ et al., 2016) e possuir efeitos nocivos quando da exposição crônica (ADEEL et al., 2017; COELHO et al., 2020).

Apesar do Brasil dispor de legislação para o controle da qualidade da água destinada ao consumo humano (Portaria nº 2.914/2011) (BRASIL, 2011), atualmente em legislação

brasileira recente (Portaria GM/MS Nº 888/2021) (BRASIL, 2021) esta não estabelece limites máximo admissíveis para esses contaminantes na água (PEREZ et al., 2016).

Por tanto, além das águas para fins de consumo humano, mares e oceanos tem sido cada vez mais sorvedores dos subprodutos gerados pelas atividades humanas e acolhem, de forma direta ou indireta, uma grande variedade de poluentes, impactando, desta forma, os ecossistemas aquáticos (RANI; KARTHIKEYAN, 2016; ADEEL et al., 2017; MARQUES et al., 2009).

Dentre os poluentes responsáveis pela perturbação ecológica, é de conhecimento que os metais traço deixam rastros de degradação causando efeitos residuais no ambiente, seja pelo seu acúmulo gradual ou pelo contínuo estresse exercido pelo poluente e dessa forma compromete o ecossistema da área afetada (NATIONAL RESEARCH COUNCIL, 2003).

No meio aquático os metais podem ser diretamente adsorvidos e absorvidos pela biota (MAGALHÃES et al., 2008), e sabe-se que uma pequena quantidade que permaneça no ambiente aquático pode causar efeitos subletais, como diminuição no crescimento e desenvolvimento das espécies, diminuição da fertilidade e degeneração das células, inibição da fertilização em corais, efeitos em algas como cloroses, necroses, dentre outros (AVALLONE et al., 2015; ACOSTA et al., 2016; BUCH et al., 2017; GISSI et al., 2017; RYBAK et al., 2017; ZHAN et al., 2018). Também, por serem não degradáveis, podem acumular-se nos componentes do ambiente ou nos organismos e assim manifestar sua toxicidade e assim causar efeitos prejudiciais quando estão em concentrações elevadas (CORREIA, 2022; ROVETA et al., 2021; TREVISANI, 2018). Portanto, verifica-se a necessidade de melhor monitoramento deste tipo de resíduo quando as suas fontes, transporte e destino.

Sabe-se que o impacto dos metais no solo e corpos de água depende de uma série de fatores que incluem forma química em que se encontram tais como grau de intemperismo, intensidade de lixiviação, pH, potencial redox, atividade microbiana entre outros, sendo que todos estes aspectos devem ser considerados para a correta compreensão da ciclagem e da biodisponibilidade destes metais (BECKETT, 1989; MCBRIDE, 1994; MORAES e JORDÃO, 2002).

No que diz respeito à presença do metal Níquel (Ni) sabe-se pela literatura que concentrações do metal em águas superficiais naturais podem chegar a 0,1 mg/L, já (CETESB, 2012). Por ser considerado um metal natural, é comum estar presente no solo, água, ar e compartimentos biológicos (RECK et al., 2008), e no ambiente as ações antrópicas tem maior contribuição para o surgimento do mesmo. Segundo Duarte e Pascal (2000) o uso do Ni está voltado na produção de ligas, na indústria de galvanoplastia, fabricação de baterias, produtos de petróleo, pigmentos e como catalisadores, também em aramados, fundição, niquelagem de metais e refinarias. Também está inserido nas atividades de processos de mineração e fundição do metal, fusão e modelagem de ligas (CETESB, 2012). Efluentes gerados pelas atividades antrópicas, como as águas residuais municipais, escoamento de resíduos de atividades de mineração, lixiviados de aterros, também são fontes contribuintes de Ni no ambiente aquático (EUROPEAN COMMISSION,

2008).

É de conhecimento que os impactos potenciais das atividades acima descritas nos ecossistemas tropicais ainda são pouco compreendidos, e estudos com uma determinada espécie de coral evidenciou branqueamento dos mesmos, apenas em concentrações muito elevadas deste metal, o que representaria, na prática, ambientes extremamente poluídos (GISSI, 2019). Entretanto, outros autores destacaram que, quando presente na biota aquática a toxicidade do Ni varia amplamente, sendo influenciado por fatores como pH, oxigênio dissolvido, dentre outros (COAN, 2019).

Em literatura sobre o tema, o potencial tóxico do níquel foi observado em estudos de Topal e colaboradores (2017) em *Oncorhynchus mykiss*, de Palermo e colaboradores (2015) em *Prochilodus lineatus*, de Athikesavan e colaboradores (2006) em *Hypophthalmichthys molitrix*, em que foram demonstradas alterações nos tecidos das brânquias, compreendendo espessamento lamelar, infiltração celular, fusão da segunda lamela, distorção, hipertrofia, hiperplasia e acumulação do Ni nos tecidos.

Dos pontos amostrados, os pontos 12 e 14 apresentaram Ni superior ao limite legislado (Figura 5), cerca de 3,5 vezes maior, e em ambos os dois pontos as concentrações foram maiores do que descrito nos estudos referenciados.

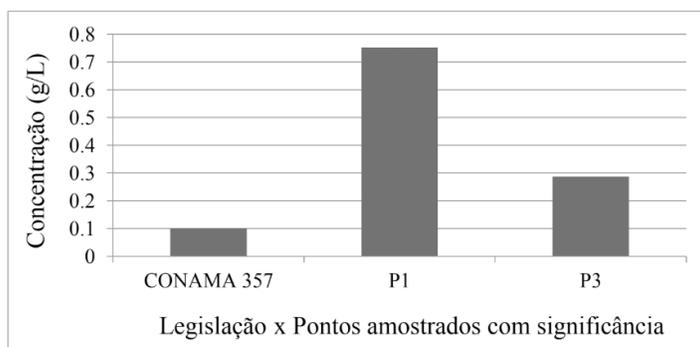


Figura 5: Pontos acima do limite legislado para o metal Níquel que apresentaram significância.

Fonte: Autoria própria.

No que diz respeito ao Ferro (Fe) sabe-se que seus níveis tendem a aumentar em estações chuvosas, devido ao carreamento de solos e à ocorrência de processos de erosão das margens, bem como em decorrência de processos realizados por metalurgias e efluentes de mineração (PIVELI e KATO, 2006). É um metal abundante na terra e essencial para a vida. No entanto, em níveis elevados na água, em decorrência de atividades humanas ou ocorrência natural, podem ocasionar efeitos adversos em espécies aquáticas, como lesão oxidativa em vários órgãos e dano físico às guelras (ROMANO et al., 2021). Outros efeitos foram observados quando da presença de ferro em concentrações acima de 0,1 mg/L gerando danos às guelras de peixes e irritação do tecidos branquiais levando (XING e LIU, 2010).

Assim, houve 6 pontos com valores acima do limite legislado (pontos 1, 3, 8, 9, 12 e 31), com valores que variaram entre 3,4 e 7,3 vezes acima do permitido (Figura 6). Os meses de coleta do presente estudo foram representados por épocas com pancadas de chuvas constantes e quase que diariamente, bem como muitas obras no entorno como construção de prédios, o que pode ter ocasionado uma elevação expressiva do presente metal.

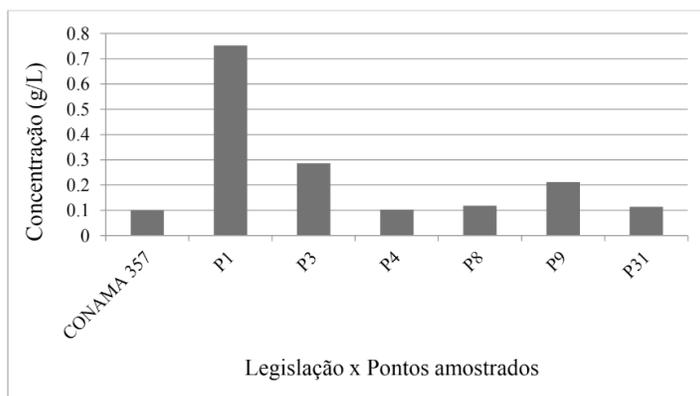


Figura 6: Pontos acima do limite legislado para o metal Ferro que apresentaram significância.

Fonte: Autoria própria.

Este metal traço, apesar de não se constituir um metal tóxico, pode trazer problemas para o abastecimento público de água, bem como conferir cor e sabor à água, podendo causar também manchas em roupas e utensílios sanitários, bem como trazer prejuízos nas canalizações em decorrência do seu acúmulo (GUYTON, 1988; FREIRE, 2010), no entanto, a presença deste metal em níveis em níveis mais elevados pode causar efeitos adversos em animais aquáticos (ROMANO et al., 2021). Sendo assim, este metal traço encontrado, embora em limites acima do legislado, não oferece, num primeiro momento, riscos ao ambiente marinho diretamente. Entretanto, estudos que associaram Ferro com Manganês observaram alterações genotóxicas em espécies de ostras, e alterações significativas em algumas enzimas relacionadas ao estresse oxidativo (PASSOS et al., 2021). As combinações dos metais do estudo citado estiveram dentro da faixa de concentração encontrados no presente estudo.

O Manganês (Mn) inorgânico é utilizado na fabricação de ligas metálicas, especialmente aços, em pilhas, palitos de fósforo, vidros, fogos de artifício, na indústria química, de couro e têxtil, e também como fertilizante (CETESB, 2012). Dos pontos amostrados, 6 pontos estiveram acima do limite permitido (pontos: 1, 3, 4, 8, 9 e 31), com valores que variaram entre 1,1 e 7,5 vezes acima (Figura 7).

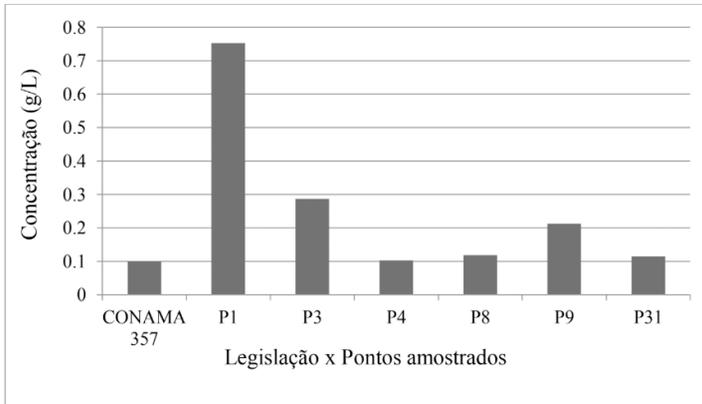


Figura 7: Pontos acima do limite legislado para o metal Manganês que apresentaram significância.

Fonte: Autoria própria.

Estudos pretéritos evidenciaram uma EC50 (dose que causa efeito em 50% da população estudada) de 48h em concentrações de 0,7 mg/L manganês em uma espécie de coral, demonstrando que o mesmo, anteriormente intacto despreendeu-se do esqueleto subjacente (COPPO et al., 2018). Estudos com uma espécie de tilápia analisaram efeitos genotóxicos com manganês e também em associação com o ferro. Assim, verificaram que em todas as concentrações utilizadas (2,6 - 4,4 mg/L Fe e 0,2 – 3,49 mg/L Mn) ocorreram aumentos significativos na frequência de micronúcleos e possíveis danos ao DNA, evidenciando, desta forma, que embora alguns metais sejam essenciais para os organismos, podem ser prejudiciais para a biota daquele local, devido ao risco associado às altas concentrações (PASSOS et al., 2021). Estudos passados também demonstraram um possível estresse oxidativo frente a diversas concentrações destes metais evidenciados com uma espécie de peixe (VIEIRA et al., 2012).

Autores também trazem a problemática que a liberação contínua do Fe em ambientes marinhos levará ao seu acúmulo em espécies que são importantes para a alimentação humana, tais como peixes, caranguejos e ostras, tendo que o seu consumo pode expor a população a efeitos adversos à saúde humana, como distúrbios neurodegenerativo, toxicidades cardiovasculares e danos ao fígado (HERMANO et al., 2021).

Visto posto, fica evidente que os organismos aquáticos tendem a acumular metais traço em seus tecidos, até mesmo quando a água possui níveis destes compostos abaixo da concentração máxima tolerada pela legislação, não sendo esta, portanto, uma abordagem adequada, ou seja, pautar um ambiente apenas a partir do limite legislado, tendo em vista os efeitos adversos cumulativos que ocorrem ao longo do tempo (NOVAES et al., 2018).

#### 4 | CONSIDERAÇÕES FINAIS

A partir da realização deste trabalho, ficou evidente que as águas residuais lançadas na orla das praias necessitam de acompanhamento no que diz respeito à investigação

de contaminantes químicos, que por sua vez, acabam no mar. Do perfil metálico traçado observou-se que três deles, o níquel, ferro e manganês estiveram acima dos limites permitidos pela legislação vigente, com valores superiores que variaram de 3, 3,4-7,3 e 1,1 e 7,5 vezes respectivamente.

Evidenciou-se a importância do monitoramento das águas lançadas na orla das praias, tendo em vista que o risco para a saúde e ambiente são presentes, e refletem diretamente na qualidade do ambiente marinho, bem como têm reflexo na saúde dos usuários deste recurso, seja direta ou indiretamente.

Sugere-se o monitoramento das águas residuais na orla das praias em diferentes épocas do ano, bem como análises mais detalhadas do seu conteúdo, e ainda, uma fiscalização mais intensificada, a fim de buscar despejos indevidos de efluentes domésticos e/ou industriais. Por fim, entende-se que o saneamento básico seria uma estratégia inteligente de investimento, a fim de reduzir gastos públicos com a saúde, bem como evitar e/ou minimizar as cargas de contaminantes que acabam no ambiente marinho.

## AGRADECIMENTOS

Ao fundo de apoio à manutenção e ao desenvolvimento da educação superior (FUMDES) pela bolsa concedida à primeira autora.

## REFERÊNCIAS

ACAUAN, R. C., TEIXEIRA, B., POLETTE, M., BRANCO, J. O. **Aspectos legais da pesca artesanal do camarão sete-barbas no município de Penha, SC: o papel do defeso.** Interações (Campo Grande), v. 19, n. 3, p. 543-556, 2018.

ACOSTA, B., I., JUNIOR, V., S., A., SILVA, F., E., CARDOSO, F., T., CALDAS, S., J., JARDIM, D., J., CORCINI, D., C. **Effects of exposure to cadmium in sperm cells of zebrafish, Danio rerio.** Toxicology Reports, v. 3, p. 696-700, 2016..

ADEEL, M.; SONG, X.; WANG, Y.; FRANCIS, D.; YANG, Y. **Environmental impact of estrogens on human, animal and plant life: a critical review.** Environmental International, v. 99, p.107-119, 2017.

ÁGUAS DE PENHA. **Praias de Penha sofrem com a falta da implantação da rede de esgoto.** Disponível em:<<https://aguasdepenha.com.br/praias-de-penha-sofrem-com-a-falta-da-implantacao-da-rede-de-esgoto/>>. Acesso em 17 set. 2022.

AQUINO, S. F.; BRANDT, E. M. F.; CHERNICHARO, C. A. L. **Remoção de fármacos e desreguladores endócrinos em estações de tratamento de esgoto: revisão da literatura.** Engenharia Sanitária e Ambiental, v. 18, n. 3, p. 187-204, 2013.

ARAÚJO, F. G.; MORADO, C. N.; PARENTE, T. T. E.; PAUMGARTTEN, F. J. R.; GOMES, I. D. **Biomarkers and bioindicators of the environmental condition using a fish species (Pimelodus maculatus, Lacepède, 1803) in a tropical reservoir in Southeastern Brazil.** Brazilian Journal of Biology, v. 78, n. 2, p. 351-359, 2018.

ATHIKESAVAN, S.; VINCENT, S.; AMBROSE, T.; VEL MURUGAN, B. **Nickel induced histopathological changes in the different tissues of freshwater fish. Hypophthalmichthys molitrix (Valenciennes).** Journal of Environmental Biology, v. 27, n. 2, p. 391-395, 2006.

AVALLONE, B., CRISPINO, R., CERCIELLO, R., SIMONIELLO, P., PANZUTO, R., MOTTA, M., C. **Cadmium effects on the retina of adult Danio rerio.** Comptes Rendus Biologies, v. 338, p. 40-47, 2015.

BACIAK, M.; LUKASZ, S.; PIOTROWICZ-CIEŚLAK, A. I.; ADOMAS, B. **Content of biogenic amines in Lemna minor (common duckweed) growing in medium contaminated with tetracycline.** Aquatic Toxicology, v. 180, p. 95-102, 2016.

BAUCKE, A. S.; ZAMBÃO, P. H.; SERBENT, M. P. **Monitoramento de variáveis microbiológicas para avaliação da balneabilidade de uma praia do Norte Catarinense.** Revista Eletrônica em Gestão, Educação e Tecnologia Ambiental, Santa Maria, v. 20, n. 1, p. 62-72, 2016.

BECKETT, P. H. 1989. **The use of extractants in studies on traces metals in soil, sewage sludge, and sludge-treated soil.** Advances in Soil Science, v. 9, 143-176, 1989.

BONFIM, C. 2020. **Por que uma praia é considerada imprópria e quais doenças se pode contrair. Viva bem notícias e Saúde.** Disponível em: < <https://www.uol.com.br/vivabem/noticias/redacao/2020/01/23/por-que-uma-praia-e-considerada-impropria-e-quais-doencas-se-pode-contrair.htm>>. Acesso em 05 mai. 2022.

BRASIL. **Conselho Nacional do Meio Ambiente - CONAMA. 2000. Resolução CONAMA nº 274, de 29 de novembro de 2000.** Diário Oficial da União, Brasília.

BRASIL. **Conselho Nacional do Meio Ambiente. Resolução CONAMA nº 357, de 17 de março de 2005. Dispõe sobre a classificação dos corpos de água e diretrizes ambientais para o seu enquadramento, bem como estabelece as condições e padrões de lançamento de efluentes, e dá outras providências.** Diário Oficial [da República Federativa do Brasil], Brasília, 2005. Disponível em: < [https://www.icmbio.gov.br/cepsul/images/stories/legislacao/Resolucao/2005/res\\_conama\\_357\\_2005\\_classificacao\\_corpos\\_agua\\_rtfda\\_altrd\\_res\\_393\\_2007\\_397\\_2008\\_410\\_2009\\_430\\_2011.pdf](https://www.icmbio.gov.br/cepsul/images/stories/legislacao/Resolucao/2005/res_conama_357_2005_classificacao_corpos_agua_rtfda_altrd_res_393_2007_397_2008_410_2009_430_2011.pdf)>. Acesso em: 09 out. 2022.

BRASIL. **Portaria GM/MS Nº 888, de 4 de maio de 2021. Dispõe sobre os procedimentos de controle e de vigilância da qualidade da água para consumo humano e seu padrão de potabilidade.** Diário Oficial da União, Brasília, DF, 07 maio 2021. Disponível em: <<https://www.in.gov.br/web/dou/-/portaria-gm/ms-n-888-de-4-de-maio-de-2021-318461562>>. Acesso em: 25 set. 2022.

BRASIL. **Portaria nº 2.914, de 12 de dezembro de 2011. Dispõe sobre os procedimentos de controle e de vigilância da qualidade da água para consumo humano e seu padrão de potabilidade.** Diário Oficial da União, Brasília, DF, 13 dez. 2011. Disponível em: <[https://bvsms.saude.gov.br/bvs/saudelegis/gm/2011/prt2914\\_12\\_12\\_2011.htm](https://bvsms.saude.gov.br/bvs/saudelegis/gm/2011/prt2914_12_12_2011.htm)>. Acesso em 18 set. 2022.

BUCH, C., A., BROWN, G., G., CORREIA, F., E., M., LOURENÇATO, F., L., FILHO, S., V., E. **Ecotoxicology of mercury in tropical forest soils: Impact on earthworms.** Science of the Total Environment, v. 589, p. 222-231, 2017.

CETESB - Companhia Ambiental do Estado de São Paulo. 2011. **Guia Nacional de Coleta e Preservação de Amostras: Água, Sedimento, Comunidades Aquáticas E Efluentes Líquidos**. Governo do Estado de São Paulo – SP. Disponível em: <<https://cetesb.sp.gov.br/wp-content/uploads/2021/10/Guia-nacional-de-coleta-e-preservacao-de-amostras-2012.pdf>>. Acesso em 12 jul. 2022.

CETESB - Companhia Ambiental do Estado de São Paulo. 2012. **Ficha de Identificação Toxicológica (FIT) – Manganês**. Governo do Estado de São Paulo/SP. Disponível em <: <https://cetesb.sp.gov.br/laboratorios/servicos/informacoes-toxicologicas/>. Acesso em 10 mar. 2022.

CETESB 2022. **Tipos de água: Águas Interiores**. Disponível em: <<https://cetesb.sp.gov.br/aguas-interiores/informacoes-basicas/tpos-de-agua/#:~:text=Dentro%20das%20%C3%A1guas%20doces%2C%20as,da%20utiliza%C3%A7%C3%A3o%20para%20diversos%20processos>>. Acesso em 18 set. 2022.

COAN, A. S. **Caracterização ambiental da água e sedimento do rio cachoeira**. 2019. Dissertação de Mestrado em saúde e meio ambiente. Universidade da Região de Joinville (UNIVILLE). 97 p.

COELHO, L. H. G.; JESUS, T. A.; KOHATSU, M. Y.; POCCIA, T. G.; CHICAROLLI, V.; HELWING, K.; HUNTER, C.; ROBERTS, J.; TEEDON, P.; PAHL, O. **Estrogenic hormones in São Paulo waters (Brazil) and their relationship with environmental variables and sinapis alba phytotoxicity**. Water, Air, & Soil Pollution, v. 231, n. 150, 2020.

COMISSÃO OCEANOGRÁFICA INTERGOVERNAMENTAL – IOC DA UNESCO. 2021. **O papel crucial do Oceano na máquina climática**. Disponível em: <<http://www.unesco.org/new/en/natural-sciences/ioc-oceans/focus-areas/the-ocean-in-cop21/ocean-and-climate-platform/>. Acesso em 02 mai. 2022.

COPPO, G. C.; PASSOS, L. S.; LOPES, T. O. M.; PEREIRA, T. M.; MERÇON, J.; CABRAL, D. S.; BARBOSA, B. V.; CAETANO, L. S.; KAMPKE, E. H.; CHIPPARI-GOMES, A. R. **Genotoxic, biochemical and bioconcentration effects of manganese on Oreochromis niloticus (Cichlidae)**. Ecotoxicology, v. 27, p. 1150-1160, 2018.

CORREIA NETA, A. S. **Variação Sazonal da Concentração de Metais na Microbacia do Educandos, Manaus-AM**. 2022. Dissertação de mestrado, Instituto Nacional de Pesquisas da Amazônia, Universidade do Estado do Amazonas, 118 p.

CRUZ, J. V. B.; SANTOS, Érica P. dos.; SILVA, N. de J.; LIMA, F. L. O.; MARTINELLI, P. P.; VASCONCELLOS NETO, J. R. T. **Influence of heavy metals on cancer accommodation: A literature review**. Research, Society and Development, v. 10, n. 6, p. e45810615992, 2021.

DUARTE, R. P. S.; PASQUAL A. **Avaliação do Cádmi (Cd), Chumbo (Pb), Níquel (Ni) e Zinco (Zn) em solos, plantas e cabelos humanos**. 2000. Dissertação de mestrado. Faculdade de Ciências Agrônômicas, Energia na Agricultura, Faculdade de Botucatu 138 p.

EUROPEAN COMMISSION. 2008. **European Union Risk Assessment Report on Nickel, Nickel Sulphate, Nickel Carbonate, Nickel Chloride, Nickel Dinitrate**. Protection Agency on behalf of the European Union, Copenhagen, Denmark. Disponível em: < <https://echa.europa.eu/documents/10162/cefd8bc-2952-4c11-885f-342aac769b3>. Acesso em 15 ago. 2022.

GISSI, F., STAUBERC, J., REICHEL-TBRUSHETTD, A., HARRISON, D., L., P., JOLLEYA, F., D. **Inhibition in fertilisation of coral gametes following exposure to nickel and copper**. Ecotoxicology and Environmental Safety, v. 145, p. 32-41, 2017.

GISSI, F.; REICHEL-T-BRUSHETT, A. J.; CHARITON, A. A.; STAUBER, J. L.; GREENFIELD, P.; HUMPHREY, C.; SALMON, M.; STEPHENSON, S. A.; CRESSWELL, T.; JOLLEY, D. F. **The effect of dissolved nickel and copper on the adult coral *Acropora muricata* and its microbiome.** *Environmental Pollution*, v. 250, p. 792-806, 2019.

GOULART, M. K. **Moradores e veranistas : as diferentes ralações e percepções com o ambiente na praia de Armação do Itapocorói, Penha – SC.** 2006. Dissertação de mestrado. Universidade Federal do Paraná. Setor de Ciências da Terra. Programa de Pós-Graduação em Geografia, 165 p.

GOULART, M. K.; TEIXEIRA, S. K. 2005. **Estudo da percepção do meio ambiente na praia de Armação do Itapocorói, Penha, SC.** In: Seminário Nacional sobre Geografia, Percepção e Cognição do Meio Ambiente. Londrina, PR. Anais. Seminário Nacional sobre Geografia, Percepção e Cognição do Meio Ambiente.

GUYTON, A. C. 1988. **Fisiologia Humana.** Rio de Janeiro: Guanabara Koogan, 6 ed. 1988. 594 p.

HENRIQUES, J. A.; OLIVEIRA, R.; COURA, M. A.; LIBÂNIO, M.; BAPTISTA, M. B. Água de drenagem ou esgoto sanitário? Uma análise do sistema de macrodrenagem em cidade de médio porte na Região Nordeste. *Engenharia Sanitária e Ambiental*, v. 26, n. 05, p. 935-943 2021.

HERMANO, M. Q.; YING, S C.; ALBERNATHY, M.; BARCELLOS, D.; GABRIEL, F. A.; OTERO, X. L.; NOBREGA, G. N.; BERNARDINO, A.; FERREIRA, T. O. **Manganese: The overlooked contaminant in the world largest mine tailings dam collapse,** *Environment International*, v. 146, 2021.

IBGE – Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. **Pesquisa Nacional de Saneamento Básico (PNSB),** 2010. Disponível em: < <https://www.ibge.gov.br/pt/inicio.html>>. Acesso em: 12 jul. 2016.

IMA – Instituto de Meio Ambiente. **Balneabilidade.** Disponível em: < <https://balneabilidade.ima.sc.gov.br/#>>. Acesso em: 11 ago. 2022.

JUSTIÇA FEDERAL, Portal Unificado/SC. **Construção do parque linear de Penha (SC) terá audiência de conciliação na Justiça Federal.** Disponível em:<[https://www.trf4.jus.br/trf4/controlador.php?acao=noticia\\_visualizar&id\\_noticia=26193](https://www.trf4.jus.br/trf4/controlador.php?acao=noticia_visualizar&id_noticia=26193)>. Acesso em 20 set. 2022.

KUNZ, A.; PERALTA-ZAMORA, P.; MORAES, S. G.; DURAN, N. **Novas tendências no tratamento de efluentes têxteis.** *Química Nova*, v. 25, p. 78- 82, 2002.

LIMA, R. N. S.; RIBEIRO, C. B. M.; BARBOSA, C. C. F.; ROTUNNO FILHO, O. C. **Estudo da poluição pontual e difusa na bacia de contribuição do reservatório da usina hidrelétrica de Funil utilizando modelagem espacialmente distribuída em Sistema de Informação Geográfica.** *Engenharia Sanitária Ambiental*, v. 21, n. 1, 139-150, 2016.

MAGALHÃES, D. P.; FERRÃO FILHO, A. S. A. **Ecotoxicologia como ferramenta no biomonitoramento de ecossistemas aquáticos.** *Oecologia Brasiliensis*, v. 12, n. 3, p. 355-381, 2008.

MANZONI, G. C. 2005. **Cultivo de mexilhões (Perna perna): Evolução da atividade no Brasil e avaliação econômica da realidade catarinense.** Tese de doutorado. Universidade estadual paulista, Centro de aquicultura (CAUNESP). 242 p.

MARENZI, R. C. 1996. **Estudo da valoração da paisagem e preferências paisagísticas no município da Penha - SC.** Dissertação Mestrado em Ciências Florestais, Universidade Federal do Paraná. Ciências Agrárias, Conservação da Natureza, 119 p.

MARQUES JR., A. N.; MORAES, R. B. C.; MAURAT, M. C. **Poluição marinha**. In: PEREIRA, R.C.; SOARES-GOMES, A. (Orgs.). *Biologia Marinha*. Rio de Janeiro: Interciência, 2009, p. 311-334.

MARQUES, M. B. L.; AMÉRICO-PINHEIRO, J. H. P. **Efeitos ecotoxicológicos de metais aos organismos aquáticos**. *Fórum Ambiental, Periódicos eletrônicos*, v. 14, n. 4, p. 85-95, 2018.

MCBRIDE, M. D. 1994. **Environmental Chemistry of Soils**. New York: Oxford University Press, 406 p.

MONTAGNER, C. C.; JARDIM, W. F. **Spatial and seasonal variations of pharmaceuticals and endocrine disruptors in the Atibaia River, São Paulo State (Brazil)**. *Journal of Brazil Chemistry Society*, v. 22, n. 8, p. 1452-1462, 2011.

MORAES, D. S. L.; JORDÃO, B. Q. **Degradação de recursos Hídricos e seus efeitos sobre a saúde humana**. *Saúde Pública*, v. 36, n. 3, p. 370-374, 2002.

NASCIMENTO, C. V. **Poluição das Águas e Doenças Relacionadas: Educar para Prevenção**. 2015. Monografia apresentada ao Curso de Especialização ENCI-UAB do CECIMIG FaE/UFMG, 40 p.

NATIONAL RESEARCH COUNCIL - NRC. 2003. **Biological Effects of Oil Releases, Oil in the Sea III: Inputs, Fates and Effects, Committee on Oil in the Sea: Inputs, Fates and Effects**. In: (Ed.). Washington, D.C.: The National Academies Press, 119-157.

NEVES, D. **Proposta de recuperação e proteção da orla da praia grande, no município de Penha/SC, com subsídio do Projeto Orla**. 2015. Monografia de Iniciação Científica e Tecnológica, curso de Engenharia Ambiental, 101 p.

NOVAES, G. H. C.; AURELIANO, B. C.; FRAGOSO-MOURA, E. N.; CAVALCANTE, W.; FRACÁCIO, R. **Toxicidade dos metais níquel e cobre e sua possível atuação como interferentes endócrinos em ambientes aquáticos**. *Brazilian Journal of Environmental Sciences*, n. 48, p. 128-141, 2018.

OLIVEIRA, S. D. **Análise das Potencialidades e Desafios do Desenvolvimento do Turismo em Presidente Epitácio-SP e suas Implicações na Exploração dos Recursos Hídricos**. 2021. Dissertação de mestrado. Faculdade de Ciências e Tecnologia. Programa de Pós Graduação em Geografia da UNESP. 152 p.

PALERMO, F. F.; RISSO, W. E.; SIMONATO, J. D.; MARTINEZ, C. B. R. **Bioaccumulation of nickel and its biochemical and genotoxic effects on juveniles of the neotropical fish *Prochilodus lineatus***. *Ecotoxicology and Environmental Safety*, v. 116, p. 19-28, 2015.

PASSOS, L. S., COPPO, G. C., PEREIRA, T. M.; TEIXEIRA, B. C.; BONNA, A. M.; MERÇON, J.; LOPES, T. O. M.; CHIPPARI-GOMES, A. R. **Do manganese and iron in association cause biochemical and genotoxic changes in *Oreochromis Niloticus* (Teleostei: Cichlidae)?**. *Bulletin of Environmental Contamination and Toxicology*, v. 108, 708-715, 2021.

PEREZ, C.; SIMÕES, F. R.; CODOGNOTO, L. **Voltammetric determination of 17 $\alpha$ -ethinylestradiol hormone in supply dam using BDD electrode**. *Journal of Solid State Electrochemistry*, v. 20, p. 2471-2478, 2016.

PIACENTINI, P. **Ciência para o desenvolvimento sustentável dos oceanos**. *Revista Ciência e Cultura*, v. 71, n. 1, 10-12, 2019.

- PIRES, P. S. **A análise de indicadores da qualidade visual como etapa da caracterização de paisagens turísticas: uma aplicação no distrito-sede de Porto Belo-SC.** Turismo: visão e ação, v. 7, n. 7, p. 471-426, 2005.
- PIVELI, R. P.; KATO, M. T. 2006. **Qualidade das águas e poluição: Aspectos físicos e químicos.** São Paulo: ABES, 285 p.
- POLETTE, M.; SILVA, L. N. 2006. **Análise socioambiental da orla da Armação do Itapocoroy, Penha: bases para o ordenamento marinho segundo uma visão interinstitucional, cap. 20. Bases ecológicas para um desenvolvimento sustentável: estudos de caso em Penha, SC.** Itajaí, Universidade do Vale do Itajaí, 279 - 292.
- POMPEO, M.; MOSCHINI-CARLOS, V.; LÓPEZ-DORVAL, J. C. **Aspectos da ecotoxicidade em ambientes aquáticos.** 2022. São Paulo: Instituto Biociências, Universidade de São Paulo, 274 p.
- RANI, C. N.; KARTHIKEYAN, S. **Endocrine disrupting compounds in water and wastewater and their treatment options: a review.** International Journal of Environmental Technology and Management, v. 19, n. 5-6, p. 392-431, 2016.
- RECK, B. K.; MULLER, D. B.; ROSTKOWSKI, K.; GRAEDEL, T. E. **Anthropogenic nickel cycle: insights into use, trade, and recycling.** Environmental science & technology, v. 42, p. 3394-3400, 2008.
- RODRIGUES, B. T.; BASTOS, A. L.; RODRIGUES, M. T. 2012. **Identificação das Línguas Negras provenientes das Galerias Pluviais e bacias hidrográficas nas praias urbanas de Maceió-AL.** In: Barbosa, F. C. [Ed.]. Ciências agrárias: a multidisciplinaridade dos recursos naturais.
- ROMANO, N.; KUMAR, V.; SINHA, A. K. **Implicações do excesso de ferro na água para a saúde dos peixes e algumas estratégias de mitigação.** Disponível em: <<https://piscishoweavisuleite.com.br/implicacoes-do-excesso-de-ferro-na-agua-para-a-saude-dos-peixes-e-algumas-estrategias-de-mitigacao-artigos-2>>. Acesso em 29 set. 2022.
- ROVETA, C.; ANNIBALDI, A.; AFGHAN, A.; CALCINAI, B.; Di Camillo, C. G. C. G.; GREGORIN, C.; ILLUMINATI, S.; MANTAS, T. P. T.; TRUZZI, C.; PUCE, S. **Biomonitoring of heavy metals: The unexplored role of marine sessile taxa.** Applied Sciences, v. 11, n. 2, p. 1-16, 2021.
- RYBAKA, M., KOŁODZIEJCZYKB, A., JONIAKA, T., RATAJCZAKC, I., GAŃKAD, M. **Bioaccumulation and toxicity studies of macroalgae (Charophyceae) treated with aluminium: Experimental studies in the context of lake restoration.** Ecotoxicology and Environmental Safety, v. 145, p. 359-366, 2017.
- SOS Mata Atlântica. Observando os Rios 2017: **O retrato da qualidade da água nas bacias da Mata Atlântica. Relatório Técnico.** Disponível em: <[https://www.sosma.org.br/wp-content/uploads/2017/03/SOSMA\\_Observando-os-Rios-2017\\_online.pdf](https://www.sosma.org.br/wp-content/uploads/2017/03/SOSMA_Observando-os-Rios-2017_online.pdf)>. Acesso em 20 de set. 2022.
- TIJANI, J. O.; FATOBA, O. O.; BABAJIDE, O. O.; PETRIK, L. F. **Pharmaceuticals, endocrine disruptors, personal care products, nanomaterials and perfluorinated pollutants: a review.** Environmental Chemistry Letters, v. 14, p. 27-49, 2016.
- TOPAL, A.; ATAMANALP, M.; ORUÇ, E.; EROL, H. S. **Physiological and biochemical effects of nickel on rainbow trout (Oncorhynchus mykiss) tissues: Assessment of nuclear factor kappa B activation, oxidative stress and histopathological changes.** Chemosphere, v. 166, p. 445-452, 2017.

TREVISANI, T. H. **Bioacumulação e biomagnificação de metais pesados em teias tróficas de estuários do sul-sudeste do Brasil.** Tese (Doutorado em Oceanografia Química) - Instituto Oceanográfico, Universidade de São Paulo – USP, 2018.

TURRA, A.; SANTANA, M. F. M.; OLIVEIRA, A. L.; BARBOSA, L.; CAMARGO, R. M.; MOREIRA, F. T.; DENADAI, M. R. **Lixo nos Mares: do entendimento à solução.** São Paulo: Instituto Oceanográfico da Universidade de São Paulo: 2020. 113 p.

VIEIRA, M. C.; TORRONTERAS, R.; CÓRDOBA, A. C. **Acute toxicity of manganese in goldfish *Carassius auratus* is associated with oxidative stress and organ specific antioxidant responses.** *Ecotoxicology and Environmental Safety*, v. 78, p. 212-217, 2012.

XING, W.; LIU, W.H. **Effect of excess iron and copper on physiology of aquatic plant *Spirodela polyrrhiza* (L.) Schleid.** *Environmental Toxicology*, v. 25, n. 2, p. 103-12, 2010.

ZHAN, J.; LI, T.; ZHANG, X.; YU, H.; ZHAO, L. **Rhizosphere characteristics of phytostabilizer *Athyrium wardii* (Hook.) involved in Cd and Pb accumulation.** *Ecotoxicology and Environmental Safety*, v. 148, p. 892–900, 2018.

ZHANG, S.; PANG, P. F.; WANG, C.; HAN, N.; LIU, B.; HAN, B.; LI, Y.; ANIM-LARBI, K. **Antibiotic concentration and antibiotic-resistant bacteria in two shallow urban lakes after stormwater event.** *Environmental and Science Pollution Research*, v. 23, p. 9984-9992, 2016b.

# AVALIAÇÃO DA REMOÇÃO DE ALUMÍNIO DE ÁGUA UTILIZANDO ADSORVENTE PRODUZIDO A PARTIR DE FOLHAS DE *PERSEA AMERICANA* MILL

Data de aceite: 01/11/2022

### Fabiola Tomassoni

Pós-doutoranda do Programa de Pós-Graduação em Engenharia Ambiental na Universidade Federal de Santa Catarina (PPGEA/UFSC), Florianópolis - SC

### Cristiane Lisboa Giroletti

Doutora do Programa de Pós-Graduação em Engenharia Ambiental na Universidade Federal de Santa Catarina (PPGEA/UFSC), Florianópolis - SC

### Maria Eliza Nagel-Hassemer

Professora titular no Departamento de Engenharia Sanitária e Ambiental da Universidade Federal de Santa Catarina (UFSC), Florianópolis - SC

**RESUMO:** A presença de alumínio na água tem gerado uma crescente preocupação, pois o excesso de alumínio residual na água de consumo humano pode trazer efeitos tóxicos ao corpo humano como: demência de Parkinson, esclerose lateral amiotrófica, osteomalácia, Alzheimer, entre outras doenças do foro neurológico. A adsorção, vem sendo investigada como um dos possíveis tratamentos para remoção de alumínio da água. A possibilidade de utilização

de adsorventes alternativos, produzidos a partir de resíduos agroindustriais, tem proporcionado a otimização e redução de custos deste processo. Neste estudo avaliou-se a remoção de alumínio de água sintética usando carvão ativado produzido a partir de folhas de *Persea americana Mill.* (abacateiro). Foram realizados ensaios otimizando o processo de adsorção através do método estatístico delineamento composto central rotacional (DCCR) a fim de se investigar os efeitos da velocidade de agitação, pH do meio e concentração inicial do alumínio. O resultado do DCCR revelou o potencial de aplicação do novo adsorvente, onde valores de velocidade de agitação de 145 rpm, pH da solução de 6,5 e concentração inicial de alumínio de 3,5 mg.L<sup>-1</sup>, proporcionaram remoção de alumínio na ordem de 100%. Todos os ensaios atingiram concentrações de alumínio menores do que a máxima permitida pela legislação federal para água potável de 0,2 mg.L<sup>-1</sup>.

**PALAVRAS-CHAVE:** Adsorvente alternativo, *Persea americana Mill.*, Remoção de Alumínio, Tratamento de Água, Método Estatístico DCCR.

## ASSESSMENT OF ALUMINUM REMOVAL FROM WATER USING ADSORBENT MADE FROM *PERSEA AMERICANA* MILL. LEAVES

**ABSTRACT:** The presence of aluminum in water has generated a growing concern, as excess residual aluminum in drinking water can bring toxic effects to the human body such as Parkinson's dementia, amyotrophic lateral sclerosis, osteomalacia, Alzheimer's, among other neurological diseases. Adsorption has been investigated as one of the possible treatments for removing aluminum from water. The possibility of using alternative adsorbents, produced from agro-industrial residues, has provided the optimization and cost reduction of this process. In this study, the removal of aluminum from synthetic water was evaluated using activated carbon produced from leaves of *Persea americana* Mill. (avocado). Assays were carried out optimizing the adsorption process through the statistical method of central composite rotational design (DCCR) in order to investigate the effects of stirring speed, pH of the medium and initial aluminum concentration. The result of the DCCR revealed the potential of application of the new adsorbent, where values of agitation speed of 145 rpm, pH of the solution of 6.5 and initial aluminum concentration of  $3.5 \text{ mg.L}^{-1}$ , provided aluminum removal in the order of 100%. All tests achieved aluminum concentrations lower than the maximum allowed by federal legislation for drinking water of  $0.2 \text{ mg.L}^{-1}$ .

**KEYWORDS:** Alternative adsorbent, *Persea americana* Mill., Aluminum Removal, Water Treatment, DCCR Statistical Method.

### 1 | INTRODUÇÃO

A presença de alumínio nos corpos hídricos ocorre naturalmente devido ao intemperismo em rochas e minerais ou por contaminação através do descarte de efluentes e/ou resíduos contaminados (SINGH et al., 2006). Há uma crescente preocupação em relação às concentrações de alumínio presente nas águas de abastecimento público, já que o alumínio está presente na água em formas mais biodisponíveis, facilitando a sua absorção pelo organismo (WHO, 2010). O alumínio é considerado um poderoso neurotóxico e vários estudos têm indicado potenciais efeitos deletérios da presença de alumínio no cérebro. O consumo de água contendo elevados teores deste elemento pode ter um papel no desencadeamento de doenças neurodegenerativas, demência, mal de Alzheimer e de Parkinson, entre outros (SINGH et al., 2006; BAKAR et al., 2010; MONDAL e GEORGE, 2014).

As concentrações de alumínio nas águas destinadas ao abastecimento público variam de acordo com os teores presentes na água bruta e de acordo com o tipo de coagulante utilizado na Estação de Tratamento de Água. No Brasil, de acordo com a legislação federal, o valor máximo permitido de alumínio para a água potável é de  $0,2 \text{ mg.L}^{-1}$  (BRASIL, 2021). Na bibliografia científica existem poucos estudos que relatam a concentração de alumínio em águas naturais, subterrâneas e superficiais. No Brasil já foram detectados em águas subterrâneas concentrações de alumínio superiores a  $0,80 \text{ mg.L}^{-1}$  em Araranguá – SC (TARPANI, 2012) e na serra gaúcha (Aquífero Guarani) de até  $0,54 \text{ mg.L}^{-1}$  (ADAMATTI e

GIOVANELA, 2011).

Desta forma, deve-se buscar por métodos de tratamento eficazes para remoção de alumínio em águas com teores superiores ao preconizado pela legislação. Dentre os processos existentes, a adsorção se destaca pela simplicidade operacional e a possibilidade de utilização de adsorventes alternativos, proporcionando otimização dos recursos naturais e redução de custos. Algumas pesquisas têm sido realizadas com o intuito de averiguar a capacidade de remoção de alumínio da água através do processo de adsorção, utilizando adsorvente alternativos (SINGH et al., 2006; KUMARI e RAVINDHRANATH, 2012).

As folhas de árvores são consideradas matérias-primas promissoras para a produção de carvões ativados de baixo custo, pois apresentam em sua composição celulose, hemicelulose e lignina, que são importantes componentes nos processos de adsorção (AHMED, 2017; ROSS e POSSETI, 2018; BULGARIU et al., 2019; PRIYANTHA et al., 2021). As folhas da *Persea americana M.* (abacateiro) já foram utilizadas para produção de carvão ativado alternativo (TOMASSONI, 2019), entretanto, a remoção de alumínio da água com este adsorvente não foi reportada na literatura.

O objetivo deste trabalho foi avaliar a eficiência de remoção de alumínio presente em amostra de água sintética envolvendo o carvão ativado produzido a partir de folhas de *Persea americana M.* Mediante a utilização de planejamento fatorial de experimentos e métodos estatísticos, buscou-se encontrar as condições operacionais que resultassem na remoção de alumínio para atender ao padrão estabelecido pela legislação federal vigente para água potável. O método do delineamento composto central rotacional (DCCR) foi utilizado, considerando como principais parâmetros o pH, a velocidade de agitação e a concentração inicial de alumínio, em função da concentração final do contaminante.

## 2 | MATERIAIS E MÉTODOS

### 2.1 Preparação do efluente sintético e do adsorvente proveniente das folhas de *Persea americana M.*

A solução de água sintética foi preparada com cloreto de alumínio ( $\text{AlCl}_3 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$ ) em água destilada com concentrações iniciais de alumínio entre  $0,97 \text{ mg.L}^{-1}$  e  $6,02 \text{ mg.L}^{-1}$ , baseado em estudos da literatura (FOLZKE, 2013; OLIVEIRA, 2014). Os valores finais desejados de concentração de alumínio na água foram baseados na Resolução 357 do CONAMA, no qual aponta valores máximo de alumínio dissolvido em águas de classe I, II de  $0,1 \text{ mg.L}^{-1}$  e classe III de  $0,2 \text{ mg.L}^{-1}$ .

O adsorvente foi preparado com folhas de *Persea americana M.* (abacateiro) de acordo com a metodologia proposta por Tomassoni (2019), utilizando ativação física por carbonização. Para averiguação da efetividade do adsorvente produzido na remoção de alumínio, foi realizado um planejamento fatorial de experimentos pelo método DCCR com ensaios isotérmicos.

## 2.2 Delineamento Composto Central Rotacional (DCCR)

O DCCR tem por finalidade buscar o ponto de ótima resposta de um sistema, realizando delineamentos fatoriais simétricos (todos os pontos são equidistantes de um ponto central) e de segunda ordem. Este método é capaz de avaliar diversos parâmetros simultaneamente, de modo a encontrar suas interações e obtendo assim, um ponto ótimo onde os valores destas variáveis resultam na maior capacidade adsorptiva do processo. Desta forma, com base nos estudos de Oliveira (2014), Nascimento (2014) e Tomassoni (2019), foram definidos três parâmetros que influenciam diretamente no processo de adsorção, sendo eles: pH da solução (2,3 a 10,7), velocidade de agitação (52,5 a 237,5 rpm) e concentração inicial de alumínio (0,98 a 6,02 mg.L<sup>-1</sup>).

Os ensaios do DCCR foram realizados em banho termostático (Dubnoff, NT232), com 150 mL de amostra, 13 g.L<sup>-1</sup> do adsorvente e tempo de contato de 24 h. No DCCR foram realizados seis ensaios com pontos axiais (+1,682 e -1,682), três ensaios com ponto central (0) e oito ensaios com pontos fatoriais (+1 e -1), totalizando dezessete ensaios realizados em duplicata. A Tabela 1 apresenta a matriz do delineamento experimental.

Ensaio	X <sub>1</sub>	pH	X <sub>2</sub>	RPM	X <sub>3</sub>	Conc. Al (mg.L <sup>-1</sup> )
1	-1	4	-1	90	-1	2
2	1	9	-1	90	-1	2
3	-1	4	1	200	-1	2
4	-1	4	-1	90	1	5
5	1	9	1	200	-1	2
6	1	9	-1	90	1	5
7	-1	4	1	200	1	5
8	1	9	1	200	1	5
9	-1,682	2,29	0	145	0	3,5
10	1,682	10,7	0	145	0	3,5
11	0	6,5	-1,682	52,49	0	3,5
12	0	6,5	1,682	237,51	0	3,5
13	0	6,5	0	145	-1,682	0,977
14	0	6,5	0	145	1,682	6,023
15	0	6,5	0	145	0	3,5
16	0	6,5	0	145	0	3,5
17	0	6,5	0	145	0	3,5

Tabela 1: Matriz do Delineamento Composto Central Rotacional (DCCR).

Como variável dependente do planejamento, a concentração do alumínio no efluente foi avaliada por espectrofotometria através da leitura da absorbância, utilizando espectrofotômetro (Hach modelo DR/5000) no comprimento de onda 535 nm conforme

determina o método Ericromo Cianina-R (ECR).

### 2.3 Método Ericromo Cianina-R (3500-b Standard Methods) (Princípio da Análise)

A determinação da concentração de alumínio presente nas amostras estudadas foi realizada pelo método Ericromo Cianina-R do *Standard Methods for the Examination of Water and Wasterwater* com faixa de concentração de alumínio entre 0,0 a 0,30 mgL<sup>-1</sup> (APHA, 2005). Para a análise da concentração de alumínio, as amostras foram filtradas em membrana de acetato de celulose com porosidade de 0,45 µm.

Os resultados foram plotados numa curva de calibração (Equação 1), onde a absorbância diminui linearmente com o aumento da concentração de alumínio na faixa de concentração utilizada.

$$\text{Concentração de Al} = 0,2816 \times \text{Absorbância} - 0,0319 \quad \text{Equação 1}$$

## 3 | RESULTADOS

O intuito da realização do DCCR foi encontrar o ponto ótimo dos parâmetros experimentais avaliados a fim de atingir a maior capacidade de remoção de alumínio. Na Tabela 2 estão apresentados os parâmetros experimentais da matriz do DCCR para avaliação do processo de remoção do alumínio e os resultados obtidos.

Ensaio	pH		Velocidade de Agitação		Concentração inicial		Concentração final	Eficiência de remoção
	Valor	Nível	Valor (rpm)	Nível	Valor (mg.L <sup>-1</sup> )	Nível	Valor (mg.L <sup>-1</sup> )	Valor (%)
1	4,0	-1	90	-1	2,00	-1	0,03	96,5
2	9,0	+1	90	-1	2,00	-1	<LQ	100,0
3	4,0	-1	200	+1	2,00	-1	<LQ	100,0
4	4,0	-1	90	-1	5,00	+1	0,14	85,6
5	9,0	+1	200	+1	2,00	-1	<LQ	100,0
6	9,0	+1	90	-1	5,00	+1	0,09	90,8
7	4,0	-1	200	+1	5,00	+1	<LQ	100,0
8	9,0	+1	200	+1	5,00	+1	<LQ	100,0
9	2,3	-1,682	145	0	3,50	0	0,01	99,4
10	10,7	+1,682	145	0	3,50	0	<LQ	100,0
11	6,5	0	52,5	-1,682	3,50	0	0,08	91,2
12	6,5	0	237,5	+1,682	3,50	0	<LQ	100,0
13	6,5	0	145	0	0,98	-1,682	<LQ	100,0
14	6,5	0	145	0	6,02	+1,682	0,04	96,1
15	6,5	0	145	0	3,50	0	<LQ	100,0
16	6,5	0	145	0	3,50	0	<LQ	100,0

17	6,5	0	145	0	3,50	0	<LQ	100,0
----	-----	---	-----	---	------	---	-----	-------

Tabela 1: Matriz DCCR com os resultados obtidos.

Conforme apresentado na Tabela 2, atingiu-se eficiência de 100% de remoção de alumínio em onze dos ensaios realizados. Além disso, todos os ensaios obtiveram valores abaixo do valor máximo permitido pela legislação federal de 0,2 mg.L<sup>-1</sup> para água potável (BRASIL, 2021). Pode-se concluir que é possível utilizar uma dose menor do que 2 mg.L<sup>-1</sup> de material adsorvente, e ainda assim atingir o valor estabelecido pela legislação federal.

Um estudo estatístico permitiu calcular os efeitos dos parâmetros, produzindo um modelo preditivo e possibilitando construir uma representação gráfica do ponto ótimo do experimento. Para que os efeitos calculados sejam estatisticamente significativos, o valor de *p* deve ser menor que 0,05 (nível de significância de 95%). Para as variáveis velocidade de agitação e concentração inicial de alumínio, os valores de *p* encontrados indicam que as variáveis analisadas não foram significativas neste intervalo de confiança. No gráfico de Pareto (Figura 1) estão apresentados os efeitos estimados para as variáveis experimentais investigadas na remoção do alumínio.

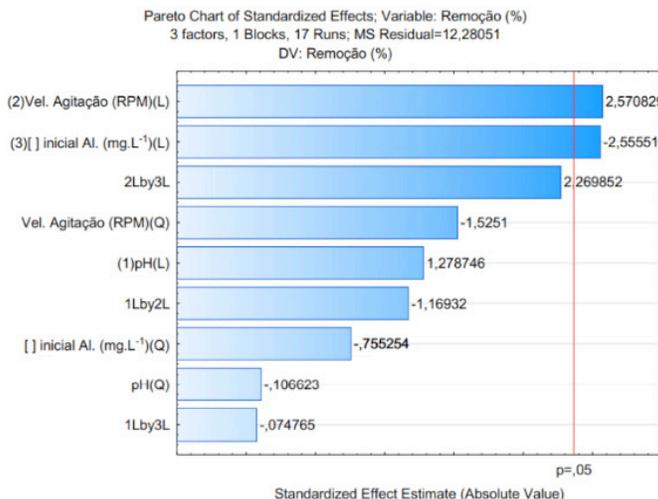


Figura 1: Gráfico de Pareto dos resultados da remoção de alumínio.

Na Figura 1 observa-se que apenas os termos lineares das variáveis concentração inicial de alumínio e velocidade de agitação apresentaram significância estatística, com sinal do efeito positivo para remoção de alumínio na velocidade de agitação e sinal negativo na variável concentração inicial de alumínio. Ou seja, à medida que houve um incremento nos valores da concentração inicial do alumínio, observou-se um decréscimo na eficiência do processo de adsorção. Já a variável velocidade de agitação, mostrou-se significativa para o mesmo intervalo e com sinal do efeito positivo, indicando aumento na remoção da

concentração do alumínio no processo de adsorção. Para a variável pH em termos lineares e quadráticos, não foram observados efeitos significativos. O mesmo verificou-se entre as interações entre as variáveis (1Lby2L; 1Lby3L e 2Lby3L), não apontando significância estatística.

A análise de variância (ANOVA) foi realizada com base no gráfico de Pareto utilizando as variáveis significativas com o intuito de avaliar a sua significância na remoção de alumínio. Com base nesta análise foi possível determinar o modelo preditivo para a obtenção da eficiência de remoção da concentração de alumínio com base nas variáveis independentes investigadas, obtendo-se a Equação 2 ( $R^2 = 0,77$ ).

$$ER(\%) = 87,86 + 0,15 \times x_1 - 0,35x_2^2 \quad \text{Equação 2}$$

Onde: ER é a eficiência de remoção de alumínio,  $x_1$  é a velocidade de agitação (rpm) e  $x_2$  é a concentração inicial de alumínio ( $\text{mg.L}^{-1}$ ).

O modelo matemático obtido na Equação 2 demonstrou que a remoção do alumínio não foi dependente do pH. Entretanto, sabe-se que o pH interfere diretamente nas formas de alumínio que são encontradas no meio aquoso. Com valores de pH baixo teremos a presença de  $\text{Al}^{+3}$  que pode ser removido por adsorção. Com valores de pH neutro ocorre a precipitação do  $\text{Al}(\text{OH})_3$  e com pH básicos forma-se aluminato, que também pode ser removido por adsorção.

As condições mais adequadas para maximizar a remoção da concentração de alumínio podem ser observadas através da superfície de resposta que é construída pelo modelo matemático obtido. O perfil de contorno (2D), juntamente com a superfície de resposta (3D), auxiliam na visualização e na localização de um ponto ótimo para a remoção de alumínio nas condições investigadas, conforme a Figura 2.

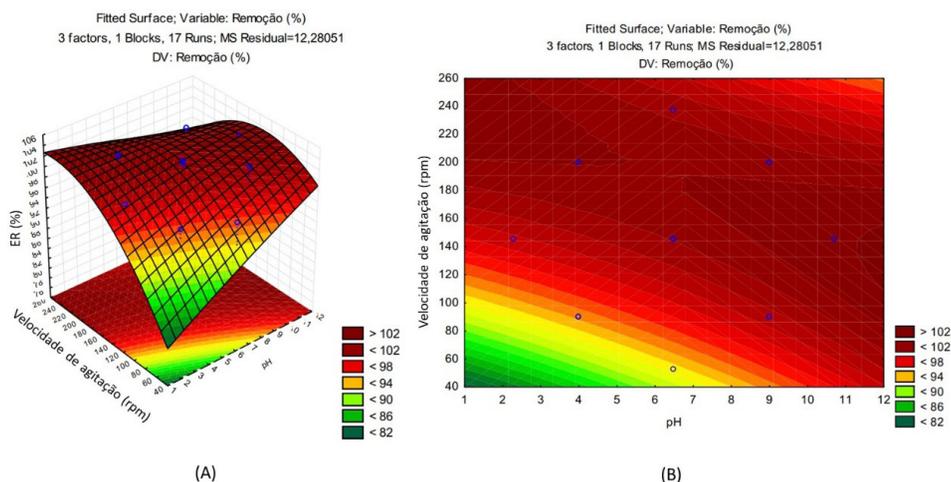


Figura 2: Perfil de contorno (A) e superfície de resposta (B) em relação à remoção de alumínio (concentração de alumínio inicial de  $3,5 \text{ mg.L}^{-1}$ ).

Observa-se na Figura 2, que as maiores remoções com concentração de alumínio inicial de  $3,5 \text{ mg.L}^{-1}$ , aconteceram com valores de velocidade de agitação superiores a 100 rpm e pH da solução superiores a 7,0. O resultado da otimização do processo de remoção revelou o potencial de aplicação desta tecnologia neste tipo de tratamento, onde valores de velocidade de agitação de 145 rpm, pH da solução de 6,5 e concentração inicial de alumínio de  $3,5 \text{ mg.L}^{-1}$ , proporcionaram remoção de alumínio na ordem de 100%.

## 4 | CONCLUSÕES

O presente estudo demonstra que o adsorvente produzido a partir de folhas de *Persea americana M.* pode ser utilizado para remoção da concentração de alumínio do efluente sintético. Os resultados dos testes do DCCR mostraram que vários ensaios obtiveram eficiência de 100% de remoção da concentração de alumínio e mesmo os ensaios com menor porcentagem de remoção, todos estavam com concentrações de alumínio abaixo dos padrões exigidos pela legislação brasileira vigente para água potável de  $0,2 \text{ mg.L}^{-1}$ .

Com o planejamento fatorial do experimento foi possível observar que o grau de influência da velocidade de agitação e concentração inicial de alumínio foram significativos. O modelo obtido pelo DCCR, que prevê a eficiência de remoção da concentração de alumínio em função dos parâmetros: velocidade de agitação e concentração inicial de alumínio, demonstrou que é válido num intervalo de confiança de aproximadamente 95%, mostrando que o modelo é válido para fins preditivos.

Cabe salientar que todos os ensaios atingiram valores de concentração de alumínio abaixo dos valores estabelecidos por lei. Os resultados obtidos neste estudo indicam que o carvão ativado em pó proveniente das folhas de *Persea americana M.* demonstrou ser um bom material adsorvente de alumínio em efluente sintético, sendo que além de possuir uma boa eficiência de adsorção, é um material de baixo custo.

## REFERÊNCIAS

ADAMATTI, D.S., GIOVANELA, M., “Avaliação preliminar da qualidade de amostras de água subterrânea do aquífero Guarani na serra gaúcha”, In: II Congresso Internacional de Meio Ambiente Subterrâneo, 2011.

AHMED, M. Application of raw and activated Phragmites australis as potential adsorbents for wastewater treatments. Ecological Engineering, 102, 262-269, 2017.

APHA, Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater, 21st edition, American Public Health Association, Washington, D.C., 2005.

BAKAR et al., “Effect of high aluminum concentration in water resources on human health, case study: Biga Peninsula, Northwest Part of Turkey”. Archives of Environmental Contamination and Toxicology, 58, 935-944, 2010.

BRASIL, Ministério da Saúde, Portaria GM/MS nº 888, de 4 de maio de 2021: “Altera o Anexo XX da Portaria de Consolidação GM/MS nº 5, de 28 de setembro de 2017, para dispor sobre os procedimentos de controle e de vigilância da qualidade da água para consumo humano e seu padrão de potabilidade”. Brasília, 2021.

BULGARIU, L., ESCUDERO, L.B., BELLO, O.S., IQBAL, M., NISAR, J., ADEGOKE, K.A., ALAKHRAS, F., KORNAROS, M AND ANASTOPOULOS, L. The utilization of leaf-based adsorbents for dyes removal: A review, *Journal of Molecular Liquids*, 276, 728-747, 2019. Doi: 10.1016/j.molliq.2018.12.001

FOLZKE, C.T., Estudo da remoção de alumínio de água para abastecimento utilizando quitosana. Dissertação em Engenharia Ambiental, Universidade Federal de Santa Catarina, 2013.

KUMARI, A.A., RAVINDHARANATH, K., “Removal of aluminium (III) ions from polluted waters using bio-sorbents derived from *Moringa millingtonia* e *Cygium arjunum* plants”, *International Journal of ChemTech Research*, 4 (4), 1733-1745, 2012.

MONDAL, P., GEORGE, S., “A review on adsorbents used for defluoridation of drinking water”, *Reviews in Environmental Science and Bio/Technology*, 2014.

NASCIMENTO, R. F; LIMA, A. C. A; VIDAL, C. B; MELO, D. Q; RAULINO, G. S. C. Adsorção aspectos teóricos e aplicações ambientais 1 ed. Fortaleza: Imprensa Universitária, 2014

OLIVEIRA, L. R., Processo contínuo de adsorção de alumínio em coluna de carvão ativado, Dissertação em Engenharias, Universidade Federal de Uberlândia, 2014.

PRIYANTHA, N., ROMZI, A.A., CHAN, C.M. AND LIM, L.B.L. Enhancing adsorption of crystal violet dye through simple base modification of leaf adsorbent: isotherm, kinetics, and regeneration, *Desalination and Water Treatment*, 215, 194-205. 2021. Doi: 10.5004/dwt.2021.26758

ROSS, B.Z.L. AND POSSETI, G.R.C. Tecnologias potenciais para o saneamento: remoção de metais de águas de abastecimento público. Curitiba: Sanepar, 2018. Disponível em: [https://site.sanepar.com.br/sites/site.sanepar.com.br/files/publicacoes/livro\\_tecnologias\\_potenciais\\_vol2.pdf](https://site.sanepar.com.br/sites/site.sanepar.com.br/files/publicacoes/livro_tecnologias_potenciais_vol2.pdf)

SINGH et al., “Investigation on the sorption of aluminium in drinking water by low-cost adsorbents”, *Water SA*, 32 (1), 49-54, 2006.

TARPANI, R.R.Z., “Remoção de alumínio monomérico de água para abastecimento através da ação da carboximetilcelulose e da quitina”, Dissertação de mestrado em Engenharia Ambiental, Universidade Federal de Santa Catarina, 2012.

TOMASSONI, F., Remoção de cor de efluente têxtil sintético por processos de eletrocoagulação e adsorção com carvões ativados produzidos a partir de folhas de *Persea americana Mill.* e *Cássia fistula L.* Tese de Doutorado em Engenharia Ambiental, UFSC, 2019.

WHO, “Aluminium in Drinking Water”, acesso em Maio de 2020, World Health Organization: [http://www.who.int/water\\_sanitation\\_health/waterquality/guidelines/chemicals/aluminium.pdf?ua=1](http://www.who.int/water_sanitation_health/waterquality/guidelines/chemicals/aluminium.pdf?ua=1), 2010.

# DETECTION OF CAFFEINE, ITS HUMAN METABOLITES, DEGRADATION PRODUCTS; AND TIBOLONE IN THE MEIA PONTE RIVER, BRAZIL

*Data de aceite: 01/11/2022*

**Kátia Maria de Souza**

Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Goiás, Campus Goiânia, Coordenação do Mestrado em Tecnologia de Processos Sustentáveis

**Paulo de Tarso Ferreira Sales**

**Mariângela Fontes Santiago**

**Sérgio Botelho de Oliveira**

**Fernando Schimidt**

**Rivanda da Costa Ferreira**

**ABSTRACT:** People all over the world consume caffeinated beverages and hormones. However, in many countries, the inefficiency of wastewater treatment and the discharge of untreated sewage in rivers reshwater sources. The objective of this work is to detect the anthropogenic marker caffeine and its human metabolites, and its degradation products, as well tibolone in water samples from the Meia Ponte River, which is one of the raw water providers for cities in the metropolitan region of Goiânia, Brazil. The samples were collected during

two different hydrological periods, located at various points around the city of Goiânia. First, the samples were pre-concentrated and the analysis were performed in a high-resolution mass spectrometer. The analysis results showed that caffeine and its degradation products and tibolone were detected at all sampling points in the two hydrological periods. It indicates that in some collecting points, MPR receives a raw sewage discharge and that the sewage treatment plant could not remove/degrade the caffeine. In addition, the results indicate that no human caffeine metabolites were detected.

**KEYWORDS:** Caffeine , tibolone, antropogenic contaminant. .

## 1 | INTRODUÇÃO

Caffeine -  $C_8H_{10}N_4O_2$  - is an alkaloid of the trimethylatedxanthines group, whose molecular weight is  $194.19 \text{ g mol}^{-1}$ . It is a cardiac, cerebral, respiratory stimulant and has a diuretic effect. It is widely found in soft drinks, teas, energy drinks and Brazilian coffee, so that each 50 mL of processed beverage contains, on average, 100 mg

of caffeine (Z. Chen et al., 2002). Environmental contamination occurs through excretion in the form of urine and feces, as soon as they are introduced into the environment through domestic, industrial or laboratory sanitary sewage. Due to its environmental spread, caffeine has been detected in surface waters in Malaysia (Fouad Fadhil Al-Qaim et al., 2017), Spain (Di Lorenzo et al., 2019), Bengal (Chakraborty et al., 2021), Brazil (Gonçalves et al., 2017), and the United States (Henderson et al., 2020). The residue of caffeine in surface water commonly traced at level concentrations within the range of  $\text{ng L}^{-1}$  to  $\mu\text{g L}^{-1}$  (Fouad F Al-Qaim et al., 2015; Lacina et al., 2013). Muñoz-Peñuela et al. (2021) reported that diclofenac and caffeine inhibit the liver antioxidant enzymes of freshwater fish *Astyanaxaltiparanae*, which shows how the synergy between the drug and caffeine affects the local aquatic biota.

Tibolone is a synthetic steroid used in clinical practice for the treatment of climacteric symptoms and osteoporosis (Crespo-Castrillo et al., 2020), and it increased the cell number and proliferation of human glioblastoma cells through the regulation of estrogen (González-Arenas et al., 2019). Tibolone is associated with an increased risk for ovarian and endometrial cancer overall; and increases with increasing durations of use (Løkkegaard & Mørch, 2018). Although this hormone is commonly used, its detection in surface water is not often reported, but it has been detected in wastewater samples (Janna & Scrimshaw, n.d.). Owing to its low solubility in water (Bonfilio et al., 2018), it could be detected in very low concentration in surface waters.

The Meia Ponte River -RMP- is located in the midwestern region of Brazil and flows through the metropolitan area of Goiânia city, which is home to about 37% of the population of Goiás State. Although the Water Rights emphasize the right of water itself to be protected by all rational living beings (de Carli, 2019), the environmental contamination is a clear distortion of this basic principle of human survival. In Goiânia, only 50% of the sewage produced by the urban population is connected to the collection network. This means that remainders are improperly disposed of in septic tanks that are not connected to the collection network (23.7%), among others (IBGE, 2015).

The objective of the present work is to detect caffeine, its human metabolites and degradation products; and tibolone in water samples from the MPR in order to verify if there is a discharge of raw sewage or inappropriate treatment in the wastewater treatment plant, which contaminates the MPR.

## 2 | MATERIALS AND METHODS

### 2.1 MPR Sampling

Twelve samples were collected, six in the rainy season (March, 2018) and six in the dry season (October, 2018), respecting the meteorological variable. In each collection time, water samples were taken at six points in the watercourse of the MPR, at a depth of 20 to 30 cm below the water surface and in the center of the river's cross section, so as to avoid proximity to the margins and stagnant areas. A stainless steel barrel (20 L capacity) was used as a sampler, as the methodologies proposed by (CETESB, 2009). The samples

were stored in a thermostat at a temperature between 3° and 10° C, and then sent to the laboratory of the Faculty of Pharmacy-Lenzebio-UFG for preparation.

## 2.2 Samples Preparation

Aliquots of the samples were filtered through a cellulose acetate membrane of 0.22  $\mu\text{m}$  porosity and diameter of 47 mm, stored in 1 L glass flasks. Due to the low concentrations of the compound of interest found in natural aquatic environments, they were concentrated.

## 2.3 Solid Phase Extraction (SPE)

For solid phase extraction, 500 mg octadecyl (C18) straight barrel cartridges (C18) capacity of 6 mL with 40-120 $\mu\text{m}$  particles (Bond Elut) were used, inserted in a 12-Port Vacuum Manifold system, brand Supelco, and followed the following procedure is used: Cartridge conditioning: 2x3 mL methanol (HPLC grade, Sharlau®) and 2x3 mL ultra-purified water with slow flow without vacuum. Pass 1000 mL of sample under vacuum at a flow of 6 to 8 mL  $\text{min}^{-1}$ . For elution, 4 mL of acetone (HPLC grade, Tedia®) were used. The eluates were dried with the aid of oxygen in a sample concentrator at a temperature of 50°C. A volume of 200  $\mu\text{L}$  of methanol were added for resuspension and kept in a refrigerator at 4°C until they were sent for analysis in the mass spectrometer.

## 2.4 Direct Infusion into the Mass Spectrometer

The analyzes were carried out using a ThermoScientific Q-Exactive High Resolution Mass Spectrometer with H-ESI source, operating in negative and positive mode, using 3.5 kV spray voltage, sheath gas 15, auxiliary gas 5, temperature capillary pressure 320°C, auxiliary gas temperature 37, tube lens 50 and mass range  $m/z$  150-550. For the fragmentation study the collision energies were 10 - 70 (NCE). Data were processed in Xcalibur™ software. Fragments were generated from the protonated or deprotonated Molar mass .

# 3 | RESULTS AND DISCUSSION

## 3.1 Physical Characterization

The MPR starts in the municipality of Itauçu and continues until its discharge into the Paranaíba River, in the municipality of CachoeiraDourada, in the State of Goiás; its hydrographic basin is located within the hydrographic region of the Paraná River, in the Microbasin of the Paranaíba River, in the center-south of the State of Goiás. MPR runs for 491.4 km and it has a slope of 0.94 m  $\text{km}^{-1}$ . The study area has a high population density, and there are industrial and agricultural industrial activities. Its waters are mainly used for water supply, sewage dilution and irrigation, so it is classified into class 2 (Brasil, 2005). TheTable 1 presents information about the collecting points.

Identification	Point 1	Point 2	Point 3	Point 4	Point 5	Point 6
Coordinates (WGS 84)	-16.581907 -49.32974	-16.6419 -49.256768	-16.628045 -49.270384	-16.648186 -49.243007	-16.652983 -49.216891	-16.65729 -49.207373
Elevation (m)	742	695	695	690	685	689
Distance from previous point (km)	10.23	2.11	3.73	2.76	1.12	0
Accumulated distance (m)	19.96	9.73	7.62	3.88	1.12	0

Table 1. Information about the MPRcollecting points.

The location of the collection points in Figure 1 was chosen according to the characteristics of each region and its ability to providing information on the influences and changes that directly reflect the water quality along the studied stretch, as well as the ease of access to collections. This route is about 20 kilometers long and runs from the catchment area to the water treatment station - ETA (Portuguese) - to the wastewater discharge point treated by the pharmaceutical industry. The relief of the studied area is characterized by the predominance of flat areas ( $i=0-3\%$ ) and gently undulating with a slope of 3.1-8%.

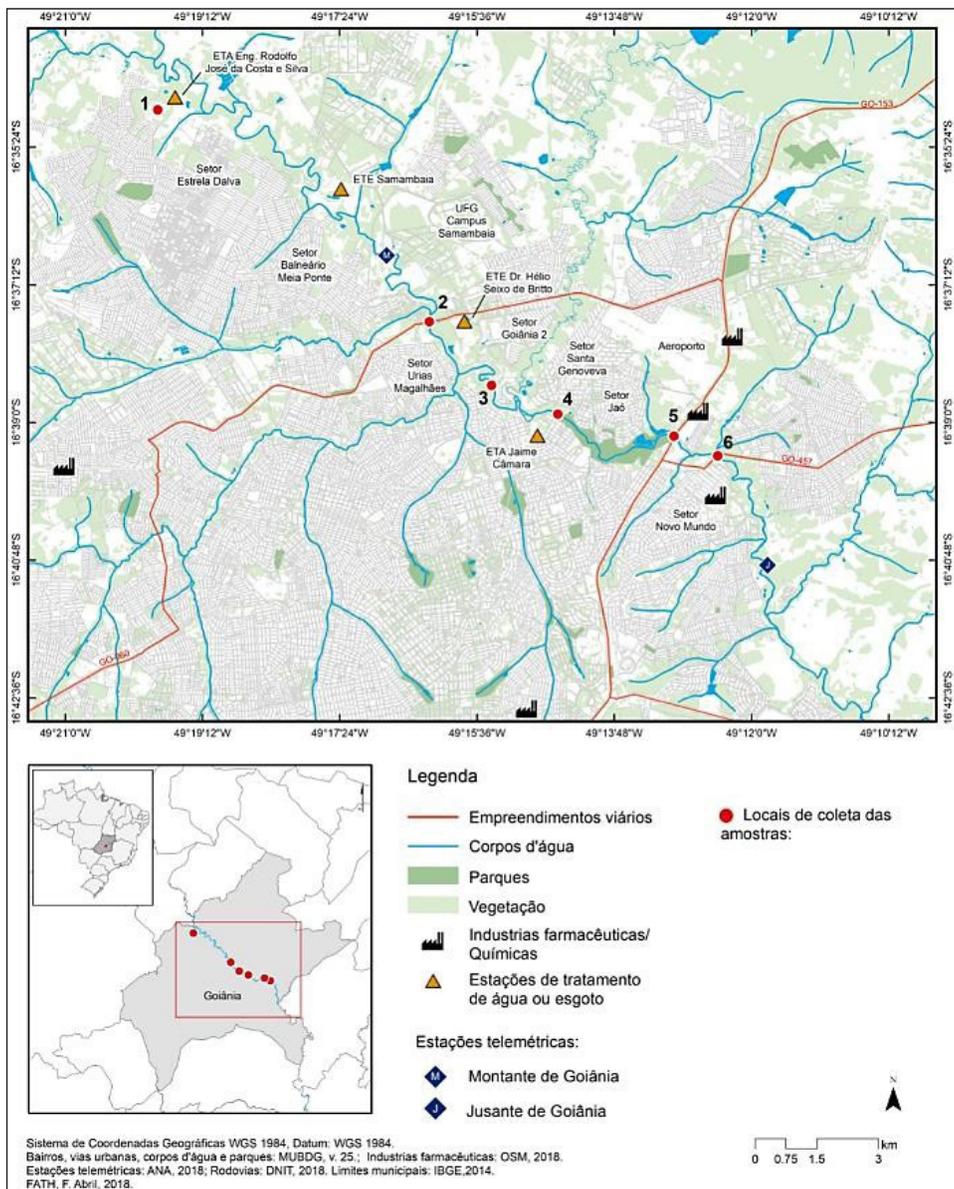


Figure 1- Location map of collection points.

Source: Author, 2019.

Based on mapping data from the Map Biomas (MapBiomas Project, 2018), this research is divided into four categories: Agriculture (corresponding to pasture, agriculture and plantation), water bodies (corresponding to the same category), regional cities (urban infrastructure) and residual vegetation (corresponding to forests, non-forest wetlands, grassland vegetation and other natural non-forest forms). According to the classification, the total area of the upstream region of the MPR basin is 3474.4 km<sup>2</sup> and has the following

proportions of land uses: 52% for agriculture, 0.4% for the water body, 15% to the urban area and 32.6% to remnants of vegetation.

### 3.2 Results discussion

The mass spectrometry data (Table 2) indicated that the error in the calculation of the compounds were less than 5 ppm, which emphasizing that the data are highly accurate in identifying the caffeine molecule. Table 2 shows the experimental mass-to-charge ratio and the error compared with the theoretical mass-to-charge ratio. Therefore, it should be noted that the experiment with the highest signal intensity was performed in the positive mode, and protonated caffeine is the precursor ion that is usually detected. In turn, Figure 2 shows the full scan mass spectrum  $m/z$  50-220 of the sample from point 2 during the dry season, as shown below.

m/z	Dry season						Rainy season					
	Points						Points					
	1	2	3	4	5	6	1	2	3	4	5	6
Caffeine [C <sub>8</sub> H <sub>11</sub> N <sub>4</sub> O <sub>2</sub> ] <sup>+</sup>	195.08767 0.092ppm	195.08738 1.066ppm	195.08759 0.318ppm	195.08754 0.575ppm	195.08775 0.502ppm	195.08761 3.027ppm	195.08757 -0.421ppm	195.08786 1.066ppm	195.08770 0.245ppm	195.08678 -4.470ppm	195.08776 0.553ppm	195.08737 -4.25 ppm
Caffeine degradation products [C <sub>6</sub> H <sub>6</sub> N <sub>3</sub> O] <sup>+</sup>	138.06608 -4.76ppm	138.06601 -4.11ppm	138.06610 -4.61ppm	138.06610 -4.61ppm	138.06615 -4.25ppm	138.06623 -3.67ppm	138.06629 -3.24ppm	138.06601 -5.26ppm	138.06606 -4.90ppm	-	138.06607 -4.83ppm	-
Levonorgestrel/ Tibolone [M + Na] <sup>+</sup> [C <sub>21</sub> H <sub>28</sub> O <sub>2</sub> Na] <sup>+</sup>	335.19792 -0.690 ppm	335.19746 -2.062 ppm	335.19790 0.750 ppm	335.19787 0.839 ppm	-	335.19797 -0.183 ppm	335.19755 1.794 ppm	335.19775 -1.197 ppm	335.19739 -2.271 ppm	335.19802 -0.392 ppm	335.19813 -0.064 ppm	-

Table 2 - Mass spectrometry datato caffeine and tibolone. The ionized masses, the type of ion detected and the error between experimental and theoretical values are shown.

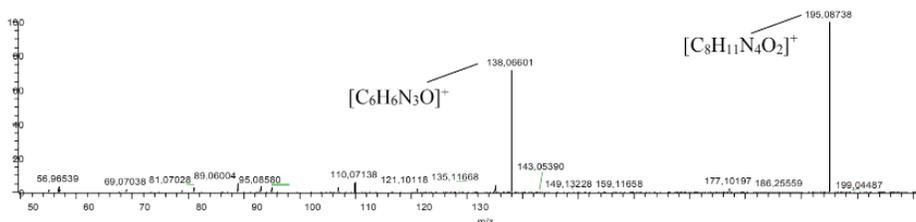


Figure 2 - Fullscan mass spectrum  $m/z$  50-220.

Correspondingly, the detection of the caffeine degradation product ( $C_6H_7N_3O$ ) in the samples indicated that there is a possibility that the lotic environment or external factors, such as solar radiation, are capable of degrading the caffeine molecule. According to Begas et al. (2007) and Kim et al. (2019), the molecular structure of human caffeine metabolites is different from the degradation products detected in this study. In addition, no human caffeine metabolites were identified (paraxanthine, 1-methylxanthine, 7-methylxanthine, 3-methylxanthine, 1,3-dimethylxanthine, 3,7-dimethylxanthine, 1-methyl uric acid and 1,7-dimethyl uric acid) reported by Gracia-Lor et al. (2017) and Zhu et al. (2019) in the water samples. Possibly, the preconcentration method used in the present study might not have been appropriate for human metabolites, or there might have been some occurrence of the river's microbiota, which might have been able to degrade them.

Caffeine degradation products produced by the fungi *Aspergillus sydowii* and *Aspergillus Niger* (theophylline) presented a different molecular structure from what was detected in the present work, which suggests that the degradation of caffeine in the water body may not have been caused by microorganisms. The molecular structure of degradation products reported in the current work does not indicate that caffeine is demethylated, which is a common degradation process for evaluating caffeine degradation products by bacteria (Kim et al., 2019).

On the other hand, Bartella et al. (2019) reported that the ionic product of caffeine and theobromine (a caffeine metabolite) had  $m/z$  138. However, Taverna et al. (2016); Stander et al. (2019), L. Chen & van Breemen (2020) reported that the ionic product with  $m/z$  138 from the protonated caffeine precursor ion. The trigonelline molecule ( $C_7H_7NO_2$ ) has already been reported to be present in some coffee species (Caporaso et al., 2018) and it has a theoretical molecular mass equal to 137.04768 Da, but the theoretical charge mass ratio of protonated trigonelline is equal to 138.05550. Hence, the calculated error was greater than 5 ppm, which confirms that it is not trigonelline.

Fonseca (2013) quantified caffeine in water samples from the MPR and compared the concentrations with other works published on different watercourses, and the concentrations that were considered high, they indicated that at all points there were traces of domestic sewage, which was also proposed in this study. Thus, our work also indicated caffeine contamination. This compound has already been detected in rivers in China (Dai et al., 2016; Zhou et al., 2016), in the Iberian Peninsula (Gorga et al., 2015; Kuzmanović et al., 2015), Ecuador (Voloshenko-Rossin et al., 2015), Brazil (Mizukawa et al., 2019). And it was reported in all studies that caffeine is a pollution marker caused by urban activities.

Tibolone or levonorgestrel was detected such as a sodium adduct. Krueve et al. (2013); Krueve & Kaupmees (2017) but has not been used extensively in practice, and several important aspects of  $Na^+$  adduct formation in ESI source have been almost unexplored: the ionization efficiency of different molecules via  $Na^+$  adduct formation, its dependence on molecular structure and  $Na^+$  ion concentration in solution, fragmentation behaviour of the adducts as well as the ruggedness (a prerequisite for wider practical use studied the formation of sodium adducts in electrospray ionization (ESI), but it has not been

used extensively in practice, and several important aspects of Na<sup>+</sup> adduct formation in ESI source have been almost unexplored: the ionization efficiency. The tibolone/levonorgestrel sodium adduct detected reveals that sodiation can be a natural process, and environmental samples can present sodiated compounds. Table 2 shows that tibolone was found in almost all samples, indicating that untreated sewage was discharged in both seasons of MPR. Although tibolone is used as hormonal therapy and neuroprotective agent (Del Río et al., 2020), its impact in the aquatic biota is not already well known. Tibolone is a synthetic steroid with estrogenic, progestogenic and androgenic activity (H J Kloosterboer, 2001; Helenius J Kloosterboer, 2004), and these group of hormones are related to diverse human diseases (Dall & Britt, 2017; Nie et al., 2018; Ross et al., 2017; Ruan & Mueck, 2019; Wang et al., 2017)

## 4 | CONCLUSIONS

Environmental contamination with caffeine and tibolone confirms that there are discharge of untreated or inadequately treated effluents, and these compounds indicated extensive anthropogenic contamination in the surface water body. It is worth remembering that all analytical mass spectrometry analysis is related to water solubility. If gonna be that caffeine and tibolone are adsorbed in river sediments, the pollution may be even greater. We expected that the quantification of caffeine and tibolone can be performed in samples from MPR, and some studies about the environmental impacts of tibolone in the aquatic biota, which is important to maintenance of the water quality of the river and its aquatic community. The growth of the elderly population in the world and the increasing demand for hormone replacements by postmenopausal women have increased the vigilance of monitoring water pollution to protect human life. Therefore, detecting the hormone tibolone in surface water is already an important indicator of impaired water supply quality.

## AGRADECIMENTOS

À FAPEG (Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de Goiás), pelo apoio à pesquisa.

## REFERENCES

Al-Qaim, Fouad F, Abdullah, M. P., Othman, M. R., Mussa, Z. H., Zakaria, Z., Latip, J., & Afiq, W. M. (2015). Investigation of the environmental transport of human pharmaceuticals to surface water: A case study of persistence of pharmaceuticals in effluent of sewage treatment plants and hospitals in Malaysia. *Journal of the Brazilian Chemical Society*, 26, 1124–1135.

Al-Qaim, Fouad Fadhil, Jusof, S. H., Abdullah, M. P., Mussa, Z. H., Tahrim, N. A., Khalik, W. M. A. W. M., & Othman, M. R. (2017). Determination of caffeine in surface water using solid phase extraction and high performance liquid chromatography. *Malaysian Journal of Analytical Sciences*, 21(1), 95–104. <https://doi.org/10.17576/mjas-2017-2101-11>

- Bartella, L., Di Donna, L., Napoli, A., Siciliano, C., Sindona, G., & Mazzotti, F. (2019). A rapid method for the assay of methylxanthines alkaloids: theobromine, theophylline and caffeine, in cocoa products and drugs by paper spray tandem mass spectrometry. *Food Chemistry*, 278, 261–266.
- Begas, E., Kouvaras, E., Tsakalof, A., Papakosta, S., & Asprodini, E. K. (2007). In vivo evaluation of CYP1A2, CYP2A6, NAT-2 and xanthine oxidase activities in a Greek population sample by the RP-HPLC monitoring of caffeine metabolic ratios. *Biomedical Chromatography*, 21(2), 190–200.
- Bonfilio, R., Souza, M. C. O., Leal, J. S., Viana, O. M. M. S., Doriguetto, A. C., & Araújo, M. B. de. (2018). Solubility and dissolution studies of tibolone polymorphs. *Brazilian Journal of Pharmaceutical Sciences*, 53.
- Brasil. (2005). Resolução nº 357, de 17 de março de 2005. Dispõe sobre a classificação dos corpos de água e diretrizes ambientais para o seu enquadramento, bem como estabelece as condições e padrões de lançamento de efluentes, e dá outras providências. *Diário Oficial Da União*, 1, 58–63.
- Caporaso, N., Whitworth, M. B., Grebby, S., & Fisk, I. D. (2018). Non-destructive analysis of sucrose, caffeine and trigonelline on single green coffee beans by hyperspectral imaging. *Food Research International*, 106, 193–203.
- CETESB, A. E. (2009). *Significado Ambiental e Sanitário das Variáveis de Qualidade das Águas e dos Sedimentos e Metodologias Analíticas e de Amostragem*. Secretaria do Meio Ambiente, São Paulo.
- Chakraborty, P., Shappell, N. W., Mukhopadhyay, M., Onanong, S., Rex, K. R., & Snow, D. (2021). Surveillance of plasticizers, bisphenol A, steroids and caffeine in surface water of River Ganga and Sundarban wetland along the Bay of Bengal: occurrence, sources, estrogenicity screening and ecotoxicological risk assessment. *Water Research*, 190, 116668.
- Chen, L., & van Breemen, R. B. (2020). Validation of a sensitive UHPLC-MS/MS method for cytochrome P450 probe substrates caffeine, tolbutamide, dextromethorphan, and alprazolam in human serum reveals drug contamination of serum used for research. *Journal of Pharmaceutical and Biomedical Analysis*, 179, 112983.
- Chen, Z., Pavelic, P., Dillon, P., & Naidu, R. (2002). Determination of caffeine as a tracer of sewage effluent in natural waters by on-line solid-phase extraction and liquid chromatography with diode-array detection. *Water Research*, 36(19), 4830–4838.
- Crespo-Castrillo, A., Garcia-Segura, L. M., & Arevalo, M. A. (2020). The synthetic steroid tibolone exerts sex-specific regulation of astrocyte phagocytosis under basal conditions and after an inflammatory challenge. *Journal of Neuroinflammation*, 17(1), 1–14. <https://doi.org/10.1186/s12974-020-1719-6>
- Dai, G., Wang, B., Fu, C., Dong, R., Huang, J., Deng, S., Wang, Y., & Yu, G. (2016). Pharmaceuticals and personal care products (PPCPs) in urban and suburban rivers of Beijing, China: occurrence, source apportionment and potential ecological risk. *Environmental Science: Processes & Impacts*, 18(4), 445–455.
- Dall, G. V., & Britt, K. L. (2017). Estrogen effects on the mammary gland in early and late life and breast cancer risk. *Frontiers in Oncology*, 7, 110.
- de Carli, A. A. (2019). O direito fundamental ao acesso à água potável e o dever fundamental de sua utilização sustentável. *Revista Argumentum-Argumentum Journal of Law*, 12, 169–185.

- Del Río, J. P., Molina, S., Hidalgo-Lanussa, O., García-Segura, L. M., & Barreto, G. E. (2020). Tibolone as hormonal therapy and neuroprotective agent. *Trends in Endocrinology & Metabolism*, *31*(10), 742–759.
- Di Lorenzo, T., Castaño-Sánchez, A., Di Marzio, W. D., García-Doncel, P., Martínez, L. N., Galassi, D. M. P., & Iepure, S. (2019). The role of freshwater copepods in the environmental risk assessment of caffeine and propranolol mixtures in the surface water bodies of Spain. *Chemosphere*, *220*, 227–236.
- Fonseca, Y. V. P. (2013). *Estudo sobre a ocorrência de poluentes emergentes na água do rio meia ponte na cidade de Goiânia-Go.*
- Gonçalves, E. S., Rodrigues, S. V., & Silva-Filho, E. V. da. (2017). The use of caffeine as a chemical marker of domestic wastewater contamination in surface waters: seasonal and spatial variations in Teresópolis, Brazil. *Revista Ambiente & Água*, *12*, 192–202.
- González-Arenas, A., De la Fuente-Granada, M., Camacho-Arroyo, I., Zamora-Sánchez, C. J., Piña-Medina, A. G., Segura-Urbe, J., & Guerra-Araiza, C. (2019). Tibolone Effects on Human Glioblastoma Cell Lines. *Archives of Medical Research*, *50*(4), 187–196. <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.arcmed.2019.08.001>
- Gorga, M., Insa, S., Petrovic, M., & Barceló, D. (2015). Occurrence and spatial distribution of EDCs and related compounds in waters and sediments of Iberian rivers. *Science of the Total Environment*, *503*, 69–86.
- Gracia-Lor, E., Rousis, N. I., Zuccato, E., Bade, R., Baz-Lomba, J. A., Castrignanò, E., Causanilles, A., Hernández, F., Kasprzyk-Hordern, B., & Kinyua, J. (2017). Estimation of caffeine intake from analysis of caffeine metabolites in wastewater. *Science of the Total Environment*, *609*, 1582–1588.
- Henderson, A., Ng, B., Landeweer, S., Quinete, N., & Gardinali, P. (2020). Assessment of sucralose, caffeine and acetaminophen as anthropogenic tracers in aquatic systems across Florida. *Bulletin of Environmental Contamination and Toxicology*, *105*(3), 351–357.
- IBGE. (2015). Pesquisa Nacional por Amostra de domicílios - Síntese de Indicadores 2015. In *Ibge*. <https://biblioteca.ibge.gov.br/visualizacao/livros/liv98887.pdf>
- Janna, H., & Scrimshaw, M. D. (n.d.). The fate of Some Emerging Contaminants in conventional Wastewater treatment plants. *The 2<sup>nd</sup> International Conference of Buildings, Construction and Environmental Engineering (BCEE2-2015)*, 147.
- Kim, J. H., Kim, B. H., Brooks, S., Kang, S. Y., Summers, R. M., & Song, H. K. (2019). Structural and mechanistic insights into caffeine degradation by the bacterial N-demethylase complex. *Journal of Molecular Biology*, *431*(19), 3647–3661.
- Kloosterboer, H J. (2001). Tibolone: a steroid with a tissue-specific mode of action. *The Journal of Steroid Biochemistry and Molecular Biology*, *76*(1–5), 231–238.
- Kloosterboer, Helenius J. (2004). Tissue-selectivity: the mechanism of action of tibolone. *Maturitas*, *48*, 30–40.
- Krueve, A., & Kaupmees, K. (2017). Adduct Formation in ESI/MS by Mobile Phase Additives. *Journal of the American Society for Mass Spectrometry*, *28*(5), 887–894. <https://doi.org/10.1007/s13361-017-1626-y>

- Krueve, A., Kaupmees, K., Liigand, J., Oss, M., & Leito, I. (2013). Sodium adduct formation efficiency in ESI source. *Journal of Mass Spectrometry*, *48*(6), 695–702. <https://doi.org/https://doi.org/10.1002/jms.3218>
- Kuzmanović, M., Ginebreda, A., Petrović, M., & Barceló, D. (2015). Risk assessment based prioritization of 200 organic micropollutants in 4 Iberian rivers. *Science of the Total Environment*, *503*, 289–299.
- Lacina, P., Mravcová, L., & Vávrová, M. (2013). Application of comprehensive two-dimensional gas chromatography with mass spectrometric detection for the analysis of selected drug residues in wastewater and surface water. *Journal of Environmental Sciences*, *25*(1), 204–212.
- Lökkegaard, E. C. L., & Mørch, L. S. (2018). Tibolone and risk of gynecological hormone sensitive cancer. *International Journal of Cancer*, *142*(12), 2435–2440.
- Mizukawa, A., Filippé, T. C., Peixoto, L. O. M., Scipioni, B., Leonardi, I. R., & Azevedo, J. C. R. de. (2019). Caffeine as a chemical tracer for contamination of urban rivers. *RRRH*, *24*.
- Muñoz-Peñuela, M., Nostro, F. L. Lo, Gomes, A. D., Tolussi, C. E., Branco, G. S., Pinheiro, J. P. S., de Godoi, F. G. A., & Moreira, R. G. (2021). Diclofenac and caffeine inhibit hepatic antioxidant enzymes in the freshwater fish *Astyanax altiparanae* (Teleostei: Characiformes). *Comparative Biochemistry and Physiology Part C: Toxicology & Pharmacology*, *240*, 108910.
- Nie, X., Xie, R., & Tuo, B. (2018). Effects of estrogen on the gastrointestinal tract. *Digestive Diseases and Sciences*, *63*(3), 583–596.
- Ross, J. L., Kushner, H., Kowal, K., Bardsley, M., Davis, S., Reiss, A. L., Tartaglia, N., & Roeltgen, D. (2017). Androgen treatment effects on motor function, cognition, and behavior in boys with Klinefelter syndrome. *The Journal of Pediatrics*, *185*, 193–199.
- Ruan, X., & Mueck, A. O. (2019). Vascular Effects of Progestogens. In *Sex Steroids' Effects on Brain, Heart and Vessels* (pp. 197–207). Springer.
- Stander, M. A., Joubert, E., & De Beer, D. (2019). Revisiting the caffeine-free status of rooibos and honeybush herbal teas using specific MRM and high resolution LC-MS methods. *Journal of Food Composition and Analysis*, *76*, 39–43.
- Taverna, D., Di Donna, L., Bartella, L., Napoli, A., Sindona, G., & Mazzotti, F. (2016). Fast analysis of caffeine in beverages and drugs by paper spray tandem mass spectrometry. *Analytical and Bioanalytical Chemistry*, *408*(14), 3783–3787.
- Voloshenko-Rossin, A., Gasser, G., Cohen, K., Gun, J., Cumbal-Flores, L., Parra-Morales, W., Sarabia, F., Ojeda, F., & Lev, O. (2015). Emerging pollutants in the Esmeraldas watershed in Ecuador: discharge and attenuation of emerging organic pollutants along the San Pedro–Guayllabamba–Esmeraldas rivers. *Environmental Science: Processes & Impacts*, *17*(1), 41–53.
- Wang, F., Liu, L., Cui, S., Tian, F., Fan, Z., Geng, C., Cao, X., Yang, Z., Wang, X., & Liang, H. (2017). Distinct effects of body mass index and waist/hip ratio on risk of breast cancer by joint estrogen and progesterone receptor status: results from a case-control study in northern and eastern china and implications for chemoprevention. *The Oncologist*, *22*(12), 1431.
- Zhou, H., Ying, T., Wang, X., & Liu, J. (2016). Occurrence and preliminary environmental risk assessment of selected pharmaceuticals in the urban rivers, China. *Scientific Reports*, *6*(1), 1–10.

Zhu, B., Chen, L.-B., Lu, M., Zhang, J., Han, J., Deng, W.-W., & Zhang, Z.-Z. (2019). Caffeine content and related gene expression: novel insight into caffeine metabolism in *Camellia* plants containing low, normal, and high caffeine concentrations. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, *67*(12), 3400–3411.

**CLEISEANO EMANUEL DA SILVA PANIAGUA** - Técnico em Química pelo Colégio Profissional de Uberlândia (2008), Bacharel em Química pela Universidade Federal de Uberlândia (2010), Bacharel em Química pela Universidade de Uberaba (2011), em Ciências Biológicas (2021) e em Física (2022) pela Faculdade Única. Especialista em Metodologia do Ensino de Química e em Ensino Superior pela Faculdade JK Serrana em Brasília (2012), especialista em Ensino de Ciências e Matemática pelo Instituto Federal do Triângulo Mineiro (2021), especialista em Ciências Naturais e Mercado de Trabalho (2022) pela Universidade Federal do Piauí (UFPI). Mestre em Química pela Universidade Federal de Uberlândia (2015), com ênfase no desenvolvimento de um bioadsorvente para remoção de íons As(V), Sb(III) e Se(IV) em diferentes matrizes aquáticas. Doutorado em Química pela Universidade Federal de Uberlândia (2018), com ênfase em Processos Oxidativos Avançados [fotocatálise heterogênea ( $\text{TiO}_2/\text{UV-A}$  e  $\text{TiO}_2/\text{Solar}$ ,  $\text{H}_2\text{O}_2/\text{UV-C}$ ) para remoção de contaminantes de preocupação emergente (CPE) em diferentes matrizes aquáticas. Realizou o primeiro estágio de Pós-Doutorado (de maio de 2019 a junho de 2021) na Universidade Federal de Uberlândia com ênfase na aplicação de novos agentes oxidantes utilizando radiação solar para remoção de CPE em efluentes de uma estação de tratamento de esgoto. Atualmente está realizando sua segunda Prática de Pós-Doutorado (julho de 2021 - atual) na UFU na mesma linha de pesquisa. Atuei durante 11 anos como técnico químico no Instituto Federal de Goiás, tendo sido responsável pela análise de parâmetros físico-químicos e biológicos de água e efluentes de estação de tratamento de efluentes. Atualmente, vem atuando nas seguintes linhas de pesquisa: (i) Desenvolvimento de novas metodologias para tratamento e recuperação de resíduos químicos gerados em laboratórios de instituições de ensino e pesquisa; (ii) estudos de acompanhamento do CPE; (iii) Desenvolvimento de novas tecnologias avançadas para remoção de CPE em diferentes matrizes aquáticas; (iv) Aplicação de processos oxidativos avançados ( $\text{H}_2\text{O}_2/\text{UV C}$ ,  $\text{TiO}_2/\text{UV-A}$  e foto-Fenton e outros) para remoção de CPE em efluentes de estação de tratamento de efluentes para reuso; (v) Estudo e desenvolvimento de novos bioadsorventes para remediação ambiental de CPE em diferentes matrizes aquáticas; (vi) Educação Ambiental e; (vii) alfabetização científica e processos de alfabetização na área de Ciências Naturais, especialmente biologia e química.

**A**

- Adsorção 148, 150, 151, 153, 154, 155, 156
- Agronegócio 57, 58, 59, 60, 61, 70, 71
- Água potável 3, 12, 80, 148, 149, 150, 153, 155, 165
- Águas residuárias 127
- Alumínio 148, 149, 150, 151, 152, 153, 154, 155, 156
- Amazonian region* 98, 104
- Apicultura 57, 59, 60, 61, 62, 63, 65, 66, 68, 70, 71
- Associação Brasileira de Empresas de Limpeza Pública e Resíduos Especiais (ABRELPE) 11, 18, 33, 39
- Atividade antrópica 8, 10

**B**

- Baixada Santista 44, 45, 46, 53
- Balanco Total de Emissões de CO2 (BTE) 46
- Biodiversidade 8, 10, 12, 15, 19, 20, 73, 128
- Biota marinha 127, 129

**C**

- Caffeine* 157, 158, 162, 163, 164, 165, 166, 167, 168
- Chemotypes* 98, 100, 101, 102, 103, 104
- Clima urbano 107, 108, 109, 110, 112, 117, 126
- Contaminantes 24, 127, 129, 134, 136, 137, 141, 169
- Corpos hídricos 3, 12, 75, 149

**E**

- Ecosistema 3, 128, 129, 137
- Educação ambiental 3, 5, 6, 7, 8, 9, 10, 11, 12, 13, 14, 15, 16, 17, 18, 19, 20, 26, 32, 33, 34, 35, 37, 38, 39, 40, 41, 53, 169
- Efeitos deletérios 149
- Essential oil* 98
- Estação de tratamento de água 149
- Exposição crônica 136

**F**

- Fontes renováveis 50

*Food and Agriculture Organization of the United Nations (FAO)* 73  
Fundação Estadual de Proteção Ambiental (FEPAM) 76, 82, 86, 93

## G

Gases do Efeito Estufa (GEE) 45, 54  
Gestão ambiental 7, 30, 33, 41, 79, 88

## H

*Hidrocarbonetos Totais (HCT)* 49  
*Hierarchical cluster analysis (HCA)* 98, 100  
*Hormones* 143, 157, 164

## I

Ilha de calor 107, 109, 119, 120, 122, 125, 126  
Ilha fria 107, 109, 117, 118, 119, 120, 121, 122, 123, 124, 125  
Impactos ambientais 4, 16, 21, 23, 24, 29, 30, 38, 39, 51, 53, 73, 75, 83, 87, 92

## L

Latitudes 98, 99  
Lixões 1, 3, 12, 21, 22, 29  
Logística Reversa (LR) 3, 6, 41, 85, 86, 87, 88, 89, 90, 91, 93, 95, 96, 97

## M

Madeira 73, 74, 75, 76, 77, 78, 79, 81, 82, 83  
Madeira 82  
Manifesto de Transporte de Resíduos (MTR) 76, 82, 91, 92, 94, 96, 97  
Materiais biodegradáveis 3, 7, 21  
Material Particulado (PM10) 49  
Meio ambiente 1, 2, 3, 4, 5, 6, 8, 9, 10, 12, 13, 14, 18, 19, 20, 21, 22, 23, 25, 26, 27, 29, 30, 32, 34, 38, 39, 41, 60, 74, 75, 76, 78, 81, 82, 83, 87, 88, 89, 90, 91, 94, 95, 96, 97, 127, 133, 135, 142, 143, 144, 155, 165  
Mel 56, 57, 58, 59, 60, 61, 62, 64, 65, 66, 67, 68, 69, 70, 71  
Metais pesados 85, 87, 90, 91, 92, 93, 94, 97, 147  
Mudanças climáticas 12, 13, 17, 45, 54, 107, 108

## O

Óleos residuais de cozinha 37  
Organismos aquáticos 136, 140, 145

**P**

Plástico 2, 3, 7, 22, 23, 24, 30, 33, 34, 42, 68, 88

Política Nacional de Educação Ambiental (PNEA) 10, 18, 33, 40

Política Nacional de Resíduos Sólidos (PNRS) 6, 7, 29, 44, 45, 51, 54, 81, 85, 87, 95, 96

Poliuição 1, 4, 7, 15, 21, 22, 24, 25, 39, 88, 95, 96, 129, 134, 144, 145, 146

Pontos de Entrega Voluntária (PEV) 91

Produção apícola 56, 57, 58, 60, 62, 64, 66, 69, 70

Produção mais Limpa (P+L) 74

**R**

Reaproveitamento 75, 81, 86, 87, 95

Reciclagem 2, 3, 4, 6, 7, 13, 15, 22, 24, 28, 34, 38, 51, 52, 53, 74, 77, 78, 79, 80, 87, 88, 89, 92, 95

Recursos naturais 8, 10, 12, 18, 23, 29, 33, 79, 87, 92, 94, 146, 150

Resíduos sólidos urbanos (RSU) 10, 11, 44, 45, 46

Reutilização 4, 14, 51, 76, 77, 78, 87, 89, 92, 95

*River* 41, 126, 145, 157, 158, 159, 163, 164, 165

**S**

Sacolas plásticas 21, 22, 23, 24, 25, 26, 27, 28, 29, 30, 31

Saneamento básico 129, 130, 141, 144

Serraria 73, 75, 76, 78, 81, 82

Setor madeireiro 72, 73, 74, 78, 81, 83

Sistema Nacional de Informações Florestais (SNIF) 74

Socioambientais 12, 34, 38, 39

Sustentabilidade 7, 8, 9, 10, 11, 13, 16, 24, 30, 33, 42, 54, 56, 57, 58, 70, 71, 72, 74, 78, 79, 81, 82, 85, 86, 88, 95

**T**

Tibolone 157, 158, 162, 163, 164, 165, 166, 167

**U**

Unidade de Recuperação Energética (URE) 46

# MEIO AMBIENTE E SUSTENTABILIDADE:

FORMAÇÃO INTERDISCIPLINAR E CONHECIMENTO CIENTÍFICO



🌐 [www.atenaeditora.com.br](http://www.atenaeditora.com.br)  
✉ [contato@atenaeditora.com.br](mailto:contato@atenaeditora.com.br)  
📷 @atenaeditora  
📘 [www.facebook.com/atenaeditora.com.br](https://www.facebook.com/atenaeditora.com.br)

**Atena**  
Editora  
Ano 2022

# MEIO AMBIENTE E SUSTENTABILIDADE:

FORMAÇÃO INTERDISCIPLINAR E CONHECIMENTO CIENTÍFICO

