

MEIO AMBIENTE E SUSTENTABILIDADE

PESQUISAS, REFLEXÕES E DIÁLOGOS EMERGENTES

VOLUME IV

ORGANIZADORES

Higor Costa de Brito

Manoel Mariano Neto da Silva



AMPLLA
EDITORA



MEIO AMBIENTE E SUSTENTABILIDADE

PESQUISAS, REFLEXÕES E DIÁLOGOS EMERGENTES

VOLUME IV

ORGANIZADORES

Higor Costa de Brito

Manoel Mariano Neto da Silva



AMPLLA
EDITORA



2023 - Editora Ampla

Copyright © Editora Ampla

Editor Chefe: Leonardo Pereira Tavares

Design da Capa: Editora Ampla

Diagramação: Juliana Ferreira

Meio ambiente e sustentabilidade: pesquisas, reflexões e diálogos emergentes – Volume 4 está licenciado sob CC BY 4.0.



Esta licença exige que as reutilizações deem crédito ao criador. Ele permite que os reutilizadores distribuam, remixem, adaptem e construam o material em qualquer meio ou formato, mesmo para fins comerciais.

O conteúdo da obra e seus dados em sua forma, correção e confiabilidade são de responsabilidade exclusiva dos autores, não representando a posição oficial da Editora Ampla. É permitido o download da obra e o compartilhamento desde que sejam atribuídos créditos aos autores. Todos os direitos para esta edição foram cedidos à Editora Ampla.

ISBN: 978-65-5381-130-0

DOI: 10.51859/ampla.mas3200-1

Editora Ampla

Campina Grande – PB – Brasil
contato@amplaeditora.com.br
www.amplaeditora.com.br



2023

CONSELHO EDITORIAL

Alexander Josef Sá Tobias da Costa – Universidade do Estado do Rio de Janeiro
Andréa Cátia Leal Badaró – Universidade Tecnológica Federal do Paraná
Andréia Monique Lermen – Universidade Federal do Rio Grande do Sul
Antoniele Silvana de Melo Souza – Universidade Estadual do Ceará
Aryane de Azevedo Pinheiro – Universidade Federal do Ceará
Bergson Rodrigo Siqueira de Melo – Universidade Estadual do Ceará
Bruna Beatriz da Rocha – Instituto Federal do Sudeste de Minas Gerais
Bruno Ferreira – Universidade Federal da Bahia
Caio Augusto Martins Aires – Universidade Federal Rural do Semi-Árido
Caio César Costa Santos – Universidade Federal de Sergipe
Carina Alexandra Rondini – Universidade Estadual Paulista
Carla Caroline Alves Carvalho – Universidade Federal de Campina Grande
Carlos Augusto Trojaneir – Prefeitura de Venâncio Aires
Carolina Carbonell Demori – Universidade Federal de Pelotas
Cícero Batista do Nascimento Filho – Universidade Federal do Ceará
Clécio Danilo Dias da Silva – Universidade Federal do Rio Grande do Norte
Dandara Scarlet Sousa Gomes Bacelar – Universidade Federal do Piauí
Daniela de Freitas Lima – Universidade Federal de Campina Grande
Darlei Gutierrez Dantas Bernardo Oliveira – Universidade Estadual da Paraíba
Denilson Paulo Souza dos Santos – Universidade Estadual Paulista
Denise Barguil Nepomuceno – Universidade Federal de Minas Gerais
Dinara das Graças Carvalho Costa – Universidade Estadual da Paraíba
Diogo Lopes de Oliveira – Universidade Federal de Campina Grande
Dylan Ávila Alves – Instituto Federal Goiano
Edson Lourenço da Silva – Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Piauí
Elane da Silva Barbosa – Universidade Estadual do Ceará
Érica Rios de Carvalho – Universidade Católica do Salvador
Fernanda Beatriz Pereira Cavalcanti – Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho”
Fredson Pereira da Silva – Universidade Estadual do Ceará
Gabriel Gomes de Oliveira – Universidade Estadual de Campinas
Gilberto de Melo Junior – Instituto Federal do Pará
Givanildo de Oliveira Santos – Instituto Brasileiro de Educação e Cultura
Higor Costa de Brito – Universidade Federal de Campina Grande
Hugo José Coelho Corrêa de Azevedo – Fundação Oswaldo Cruz
Isabel Fontgalland – Universidade Federal de Campina Grande
Isane Vera Karsburg – Universidade do Estado de Mato Grosso
Israel Gondres Torné – Universidade do Estado do Amazonas
Ivo Batista Conde – Universidade Estadual do Ceará
Jaqueline Rocha Borges dos Santos – Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro
Jessica Wanderley Souza do Nascimento – Instituto de Especialização do Amazonas
João Henriques de Sousa Júnior – Universidade Federal de Santa Catarina
João Manoel Da Silva – Universidade Federal de Alagoas
João Vitor Andrade – Universidade de São Paulo
Joilson Silva de Sousa – Instituto Federal do Rio Grande do Norte
José Cândido Rodrigues Neto – Universidade Estadual da Paraíba
Jose Henrique de Lacerda Furtado – Instituto Federal do Rio de Janeiro
Josenita Luiz da Silva – Faculdade Frassinetti do Recife
Josiney Farias de Araújo – Universidade Federal do Pará
Karina de Araújo Dias – SME/Prefeitura Municipal de Florianópolis
Katia Fernanda Alves Moreira – Universidade Federal de Rondônia
Laís Portugal Rios da Costa Pereira – Universidade Federal de São Carlos
Laíze Lantyer Luz – Universidade Católica do Salvador
Lindon Johnson Pontes Portela – Universidade Federal do Oeste do Pará



Lisiane Silva das Neves – Universidade Federal do Rio Grande
Lucas Araújo Ferreira – Universidade Federal do Pará
Lucas Capita Quarto – Universidade Federal do Oeste do Pará
Lúcia Magnólia Albuquerque Soares de Camargo – Unifacisa Centro Universitário
Luciana de Jesus Botelho Sodré dos Santos – Universidade Estadual do Maranhão
Luís Paulo Souza e Souza – Universidade Federal do Amazonas
Luiza Catarina Sobreira de Souza – Faculdade de Ciências Humanas do Sertão Central
Manoel Mariano Neto da Silva – Universidade Federal de Campina Grande
Marcelo Alves Pereira Eufrasio – Centro Universitário Unifacisa
Marcelo Williams Oliveira de Souza – Universidade Federal do Pará
Marcos Pereira dos Santos – Faculdade Rachel de Queiroz
Marcus Vinicius Peralva Santos – Universidade Federal da Bahia
M ria Carolina da Silva Costa – Universidade Federal do Piaul
M ria José de Holanda Leite – Universidade Federal de Alagoas
Marina Magalhães de Moraes – Universidade Federal do Amazonas
Mário C zar de Oliveira – Universidade Federal de Uberlândia
Michele Antunes – Universidade Feevale
Michele Aparecida Cerqueira Rodrigues – Logos University International
Milena Roberta Freire da Silva – Universidade Federal de Pernambuco
Nadja Maria Mourão – Universidade do Estado de Minas Gerais
Natan Galves Santana – Universidade Paranaense
Nathalia Bezerra da Silva Ferreira – Universidade do Estado do Rio Grande do Norte
Neide Kazue Sakugawa Shinohara – Universidade Federal Rural de Pernambuco
Neudson Johnson Martinho – Faculdade de Medicina da Universidade Federal de Mato Grosso
Patrícia Appelt – Universidade Tecnológica Federal do Paraná
Paula Milena Melo Casais – Universidade Federal da Bahia
Paulo Henrique Matos de Jesus – Universidade Federal do Maranhão
Rafael Rodrigues Gomides – Faculdade de Quatro Marcos
Re ngela Cíntia Rodrigues de Oliveira Lima – Universidade Federal do Ceará
Rebeca Freitas Ivanicska – Universidade Federal de Lavras
Renan Gustavo Pacheco Soares – Autarquia do Ensino Superior de Garanhuns
Renan Monteiro do Nascimento – Universidade de Brasília
Ricardo Leoni Gonçalves Bastos – Universidade Federal do Ceará
Rodrigo da Rosa Pereira – Universidade Federal do Rio Grande
Rubia Katia Azevedo Montenegro – Universidade Estadual Vale do Acara 
Sabryna Brito Oliveira – Universidade Federal de Minas Gerais
Samuel Miranda Mattos – Universidade Estadual do Ceará
Selma Maria da Silva Andrade – Universidade Norte do Paraná
Shirley Santos Nascimento – Universidade Estadual Do Sudoeste Da Bahia
Silvana Carlotto Andres – Universidade Federal de Santa Maria
Silvio de Almeida Junior – Universidade de Franca
Tatiana Paschoalette R. Bachur – Universidade Estadual do Ceará | Centro Universitário Christus
Telma Regina Stroparo – Universidade Estadual do Centro-Oeste
Thayla Amorim Santino – Universidade Federal do Rio Grande do Norte
Thiago Sebastião Reis Contarato – Universidade Federal do Rio de Janeiro
Tiago Silveira Machado – Universidade de Pernambuco
Virgínia Maia de Araújo Oliveira – Instituto Federal da Paraíba
Virginia Tomaz Machado – Faculdade Santa Maria de Cajazeiras
Walmir Fernandes Pereira – Miami University of Science and Technology
Wanessa Dunga de Assis – Universidade Federal de Campina Grande
Wellington Alves Silva – Universidade Estadual de Roraima
William Roslindo Paranhos – Universidade Federal de Santa Catarina
Y scara Maia Araújo de Brito – Universidade Federal de Campina Grande
Yasmin da Silva Santos – Fundação Oswaldo Cruz
Yuciara Barbosa Costa Ferreira – Universidade Federal de Campina Grande



2023 - Editora Ampla

Copyright © Editora Ampla

Editor Chefe: Leonardo Pereira Tavares

Design da Capa: Editora Ampla

Diagramação: Juliana Ferreira

Catálogo na publicação
Elaborada por Bibliotecária Janaina Ramos – CRB-8/9166

M514

Meio ambiente e sustentabilidade: pesquisas, reflexões e diálogos emergentes -
Volume 4 / Organizadores Higor Costa de Brito, Manoel Mariano Neto da Silva. –
Campina Grande/PB: Ampla, 2023.

Livro em PDF

ISBN 978-65-5381-130-0

DOI 10.51859/ampla.mas3200-1

1. Sustentabilidade e meio ambiente. 2. Recursos naturais. I. Brito, Higor Costa de
(Organizador). II. Silva, Manoel Mariano Neto da (Organizador). III. Título.

CDD 363.7

Índice para catálogo sistemático

I. Sustentabilidade e meio ambiente

Editora Ampla
Campina Grande – PB – Brasil
contato@amplaeditora.com.br
www.amplaeditora.com.br



2023

PREFÁCIO

É com grande satisfação que apresentamos o quarto volume da série "Meio Ambiente e Sustentabilidade: Pesquisas, Reflexões e Diálogos Emergentes". Esta obra reúne uma diversidade de abordagens sobre questões ambientais contemporâneas, visando a promover a conscientização e o aprofundamento do conhecimento sobre temas relevantes para a sustentabilidade do nosso planeta.

Ao longo dos capítulos, você encontrará uma análise cuidadosa e crítica de assuntos relacionados ao meio ambiente, seus desafios e possíveis soluções. A coletânea abrange uma variedade de tópicos, desde as reflexões sobre as questões criminológicas ambientais, passando pelos impactos da contaminação por microplásticos e metais pesados, até a governança da água e a gestão de resíduos.

Os capítulos desta obra também exploram as implicações do consumo irresponsável, o estudo da relação entre turismo e biodiversidade, as abordagens da economia ecológica e o desenvolvimento regional sustentável, além de investigar os aspectos da agroecologia, previsão de demanda industrial e uso de materiais cimentícios ecologicamente conscientes.

Os estudos e análises aqui reunidos são fruto do esforço conjunto de pesquisadores, acadêmicos e profissionais que buscam aprofundar o entendimento das complexas interações entre a sociedade e o meio ambiente. Cada capítulo representa uma peça importante no quebra-cabeça do conhecimento ambiental e contribui para a construção de um futuro mais sustentável e equilibrado.

Convidamos você, leitor, a mergulhar nesse universo de conhecimento, na esperança de que as reflexões aqui apresentadas inspirem ações positivas e a adoção de práticas sustentáveis em nosso cotidiano e nas políticas públicas. Juntos, podemos fazer a diferença e construir um futuro mais resiliente e harmonioso com a natureza.

Boa leitura e que a busca pela sustentabilidade seja uma jornada compartilhada por todos nós!

Higor Brito

SUMÁRIO

CAPÍTULO I - CRIMINOLOGIA VERDE NA ERA DO ANTROPOCENTRISMO: REFLEXÕES AMBIENTAIS.....	9
CAPÍTULO II - RISCOS DA CONTAMINAÇÃO POR MICROPLÁSTICOS AOS SISTEMAS ORGÂNICOS DE SERES HUMANOS: UMA REVISÃO NARRATIVA.....	26
CAPÍTULO III - RISCOS DOS METAIS PESADOS NO ORGANISMO HUMANO: UMA REVISÃO NARRATIVA.....	36
CAPÍTULO IV - ATIVIDADES INSETICIDAS DO MONOTERPENO CARVACROL SOBRE O <i>Aedes Aegypti</i>: UMA REVISÃO BIBLIOGRÁFICA INTEGRATIVA	45
CAPÍTULO V - CONSUMO IRRESPONSÁVEL E DESTINAÇÃO FINAL INADEQUADA DOS RESÍDUOS: UMA REVISÃO NARRATIVA	56
CAPÍTULO VI - A ATUAÇÃO DO GOVERNO FEDERAL BRASILEIRO NA REDUÇÃO DOS RISCOS DE DESASTRES: COMPARANDO OS PERÍODOS DE 2011- 2015 E 2016- 2022	71
CAPÍTULO VII - O DIAGNÓSTICO TURÍSTICO NO PROCESSO DE ELABORAÇÃO DE PROJETOS DE SINALIZAÇÃO DE ORIENTAÇÃO TURÍSTICA: CASO DE POLO SERRANO (RN).....	91
CAPÍTULO VIII - A GOVERNANÇA DA ÁGUA EM PETROLINA (PE), UM ESTUDO DE CASO DA LAGOA DO DOM AVELAR (2005-2022).....	107
CAPÍTULO IX - GERAÇÃO DE RESÍDUOS E SUA APLICAÇÃO NA CONSTRUÇÃO CIVIL.....	121
CAPÍTULO X - SEGURANÇA DO TRABALHO NAS OPERAÇÕES DE COLHEITA FLORESTAL NO BRASIL: UM PANORAMA DE 11 ANOS (2011-2021).....	131
CAPÍTULO XI - GUARDA MUNICIPAL EM AÇÕES AMBIENTAIS EFETIVAS NA COMUNIDADE DE NOSSA SENHORA DO LIVRAMENTO DA RESERVA DE DESENVOLVIMENTO SUSTENTÁVEL DO TUPÉ: UMA ANÁLISE À LUZ DA CONSTITUIÇÃO FEDERAL E DAS LEIS ESPECÍFICAS GARANTIDORAS DE UM PATRULHAMENTO AMBIENTAL ALTERNATIVO NAS UNIDADES DE CONSERVAÇÃO DE MANAUS.....	141
CAPÍTULO XII - VAZÕES ECOLÓGICAS: UM CAMINHO PARA O DESENVOLVIMENTO REGIONAL SUSTENTÁVEL	154
CAPÍTULO XIII - EFEITO DA SALINIDADE SOBRE O CRESCIMENTO DO TOMATE CEREJA.....	167
CAPÍTULO XIV - INTERAÇÃO TURISMO E BIODIVERSIDADE: DESVENDANDO AS IMPLICAÇÕES POSITIVAS E NEGATIVAS DESSA RELAÇÃO	181
CAPÍTULO XV - UMA INTRODUÇÃO À ECONOMIA ECOLÓGICA: IDEIAS PARA UM PRIMEIRO DEBATE	196
CAPÍTULO XVI - A TRANSIÇÃO AGROECOLÓGICA DO MANEJO DE PRAGAS EM HORTALIÇAS: UMA REVISÃO BIBLIOGRÁFICA	207
CAPÍTULO XVII - A IMPORTÂNCIA DA APLICAÇÃO DE MÉTODOS DE PREVISÃO DE DEMANDA NAS INDÚSTRIAS SOB A ÓTICA DO DESENVOLVIMENTO REGIONAL SUSTENTÁVEL: UMA REVISÃO NARRATIVA.....	220
CAPÍTULO XVIII - CARACTERIZAÇÃO TECNOLÓGICA DE CINZA DE BIOMASSA PARA USO EM MATERIAIS CIMENTÍCIOS	237
CAPÍTULO XIX - ESTUDO DAS CARACTERÍSTICAS MINERALÓGICAS E DE FORMA DOS GRÃOS DE AREIAS DE BRITAGEM DA REGIÃO METROPOLITANA DE FORTALEZA.....	252

CAPÍTULO XX - COMPOSIÇÃO QUÍMICA DE SOLO PARA IMPLANTAÇÃO DE <i>MUSA SP.</i> NO MUNICÍPIO DE TEOTÔNIO VILELA-AL	270
CAPÍTULO XXI - APLICAÇÃO DO MÉTODO MULTICRITERIAL HIERÁRQUICO NA ANÁLISE DA VULNERABILIDADE À EROSÃO HÍDRICA	282
CAPÍTULO XXII - USO DE FERRAMENTAS MCDM PARA CLASSIFICAÇÃO DE FLUIDOS DE CORTE DE BASE VEGETAL BASEADO EM PROPRIEDADES DE USINAGEM, TRIBOLÓGICAS E FÍSICOQUÍMICAS	300
CAPÍTULO XXIII - ANÁLISE SWOT NO DIAGNÓSTICO ESTRATÉGICO DA ASSOCIAÇÃO MUNICIPAL DE APICULTORES DE JACOBINA - PI	316
CAPÍTULO XXIV - PERMEABILIDADE À ÁGUA DE SOLOS UTILIZADOS NO FUNDO DE RESERVATÓRIOS NA CARCINICULTURA: UM ESTUDO DE CASO EM JAGUARUANA-CE	331
CAPÍTULO XXV - DESENVOLVIMENTO DE PITAYA SUBMETIDA A ESTRESSE ABIÓTICO EM REGIÕES SEMIÁRIDAS	345
CAPÍTULO XXVI - ESTUDO COMPARATIVO DE ÁGUA DISTRIBUÍDA NO MUNICÍPIO DE BARREIRA/CE	359

CRIMINOLOGIA VERDE NA ERA DO ANTROPOCENTRISMO: REFLEXÕES AMBIENTAIS

GREEN CRIMINOLOGY IN THE AGE OF ANTHROPOCENTRISM:
ENVIRONMENTAL REFLECTIONS

DOI: 10.51859/ampla.mas3200-1

Airton Roberto Guelfi ¹
Samira Monayari Bertão ²
Alba Regina Azevedo Arana ³

¹ Doutorando em Meio Ambiente e Desenvolvimento Regional - PPGMADRE. Universidade do Oeste Paulista – UNOESTE

² Doutoranda em Meio Ambiente e Desenvolvimento Regional - PPGMADRE. Universidade do Oeste Paulista – UNOESTE

³ Professora Adjunta do Programa de Meio Ambiente e Desenvolvimento Regional - PPGMADRE. Universidade do Oeste Paulista – UNOESTE

RESUMO

O meio ambiente ecologicamente equilibrado é um direito constitucional afeto a todos os seres humanos conforme artigo 225 da Constituição Federal. O homem, por outro lado, movido pelos mais diferentes interesses tem atuado de forma a degradar todo o ecossistema em que vive. Entretanto, a atuação voltada à prevenção e a repressão desta forma de criminalidade exige mais que a simples previsão abstrata de normas incriminadoras, sendo necessário ainda o entendimento e análise dos principais fatores sociais que permeiam o crime ambiental. Desta forma, o presente artigo tem como objetivo discutir os fatores sociais geradores da criminalidade ambiental no Brasil apresentando as prerrogativas do direito penal brasileiro. A pesquisa traz uma abordagem qualitativa dos aspectos criminológicos dos crimes contra o meio ambiente, demonstrando que fatores sociais como o desenvolvimento capitalista e os interesses políticos podem influenciar em sua prevenção e repressão. Assim, os resultados apresentam que o debate sobre os fatores sociais geradores da criminalidade ambiental depende das políticas públicas de prevenção e repressão aos crimes ambientais.

Palavras-Chave: Meio ambiente. Criminologia verde. Crimes contra a flora.

ABSTRACT

The ecologically balanced environment is a constitutional right that affects all human beings according to article 225 of the Federal Constitution. Man, on the other hand, moved by the most different interests, has acted in such a way as to degrade the entire ecosystem in which he lives. However, action aimed at preventing and repressing this form of crime requires more than the simple abstract prediction of incriminating norms, as it is also necessary to understand and analyze the main social factors that permeate environmental crime. Thus, this article aims to discuss the social factors that generate environmental crime in Brazil, presenting the prerogatives of Brazilian criminal law. The research brings a qualitative approach to the criminological aspects of crimes against the environment, demonstrating that social factors such as capitalist development and political interests can influence their prevention and repression. Thus, the results show that the debate on the social factors that generate environmental crime depends on public policies for the prevention and repression of environmental crimes.

Keywords: Environment. Green criminology. Crimes against flora.



1. INTRODUÇÃO

A criminologia verde é uma perspectiva sociológica criminal preocupada com a proteção do meio ambiente, destinada a encarar o dano ambiental através de um olhar cultural e étnico, visando compreendê-lo e preveni-lo através de políticas públicas de combate à criminalidade (FLORES *et al.*, 2017).

O meio ambiente ecologicamente equilibrado é um direito fundamental afeto a todo cidadão, consoante expresso artigo 225 da Constituição Federal (MILARÉ, 2000). A norma constitucional alhures ainda encontra afirmação no artigo 23, inciso VII do mesmo texto, prevendo a competência compartilhada entre a União, Estados, Distrito Federal e Municípios em preservar as florestas, a fauna e a flora. Explicitando a conjugação das normas constitucionais, em 1995, o Supremo Tribunal Federal através do Mandado de Segurança 22164/SP, Rel. Min. Celso de Mello, apontou que a preservação do Meio Ambiente é uma “(...) prerrogativa jurídica de titularidade coletiva, refletindo, dentro do processo de afirmação dos direitos humanos, não ao indivíduo identificado em sua singularidade, mas, num sentido verdadeiramente mais abrangente, à própria coletividade social (BRASIL, 1995, p. 1157) ”.

No que se refere a exploração do meio ambiente, é de se ressaltar que a Constituição Federal não a impede, consoante normas explicitadas. Ao contrário, quando o texto constitucional expõe que todos têm direito ao meio ambiente ecologicamente equilibrado está reconhecendo que a exploração ambiental é um fator de desenvolvimento do homem em sociedade.

Foi neste cenário de exploração ambiental, que entre as décadas de 1980 e 1990, a sociedade viu crescer o interesse dos povos sobre a preservação do meio ambiente (SOUTH *et al.*, 2018). Como consequência, as questões de preservação dos ecossistemas naturais passaram a ser pauta obrigatória na agenda política mundial, impactadas pelo surgimento de organismos de ativismo ambiental. O objeto central deste movimento correspondeu ao encontro de soluções viáveis ao desenvolvimento sustentável.

Sob esta realidade, a criminologia verde encontra sua missão de expor as razões e as consequências das condutas criminosas contra o meio ambiente, fixando os fatores sociais que envolvem esta nova realidade e consequentemente proporcionando



elementos necessários para a tomada de decisão por parte dos mecanismos de controle social, objetivando a prevenção e a repressão da criminalidade.

Nesta esteira, visa promover e fomentar novas perspectivas criminológicas sobre as atividades humanas relacionadas ao ecossistema em que a sociedade está inserida, compreendendo todo o processo de degradação ambiental, vitimização humanitária e os custos econômicos que permanecem ocultos frente a falta de informações.

A criminologia, enquanto ciência aplicada ao estudo dos crimes contra a flora, proporcionará o entendimento da conduta delitiva e conseqüentemente se prestará ao desenvolvimento de medidas de atuação direta junto a pessoa do infrator, sendo ela física ou jurídica, atingindo assim a necessária intervenção para prevenir e reprimir os danos ambientais. Atualmente, a chamada “*moderna criminologia*” busca explicar o crime como um “*problema social*” e não apenas como uma concepção biológica ou orgânica do homem. Esta é a função extraída da criminologia aplicada aos problemas criminais afetos ao meio ambiente.

Nesse sentido, este artigo procura questionar: Quais são os fatores sociais criminológicos que impulsionam o indivíduo a cometer crimes ambientais contra a flora no Brasil? Como o direito penal trata essa questão? Desta forma, o objetivo deste trabalho é discutir os fatores sociais geradores da criminalidade ambiental no Brasil apresentando as prerrogativas do direito penal brasileiro.

2. METODOLOGIA

Trata-se de uma pesquisa bibliográfica e documental de abordagem qualitativa. A coleta de dados se deu em arquivos públicos produzidos à partir das ações de fiscalização e autuação de crimes contra a flora por agentes públicos. A caracterização dos crimes ambientais contra a flora levará em consideração a lei 9.605/98. Quanto ao método empregado, este foi o dedutivo, identificando através das características das condutas criminais contra a flora no Brasil.

A pesquisa bibliográfica foi realizada utilizando às bases de dados restritas Journal Storage (<http://jstor.org>), HeinOnline (<http://heinonline.org>), Beck (<http://beck-online.beck.de>) e Thomson Reuters RTOline (<https://revistadostribunais.com.br>), e ainda as bases de dados públicas, como o Google Acadêmico (<http://scholar.google.com>), SciElo (<http://scielo.org>) e o Portal de Periódicos da CAPES

(<http://periodicos.capes.gov.br>), e ainda a ampla rede de periódicos nacionais e estrangeiros com política de acesso livre (open access).

A análise seguiu o método hipotético-dedutivo, onde o problema jurídico foi identificado no contexto do Direito Penal Brasileiro contemporâneo e a moderna criminologia, a partir de uma análise extensiva, o trabalho adotou postura normativa, frente as determinações jurídicas apresentadas.

3. O HOMEM E A NATUREZA: UMA RELAÇÃO VITAL.

A humanidade tem vivido a fase geológica do "antropoceno"¹, caracterizada pelas transformações planetárias perpetradas através da ação humana, sendo exemplos destas transformações a agricultura, as construções, as mudanças climáticas entre outros fatores (ARTAXO, 2014). Pode-se dizer que a era do antropoceno representa a fase da história no qual o Planeta Terra ostenta marcas visivelmente produzidas pela ação humana, com especial relevo quanto ao funcionamento dos ecossistemas.

Assim, quais seriam as evidências científicas que conduziram o Direito pelos caminhos da cultura antropocêntrica, estando o homem no centro dos interesses aplicados?

Sob aspecto global, o meio ambiente urbano representa claramente as transformações operadas pela mão do ser humano, e segundo Carlos (1994), o meio ambiente urbano é produto final da atuação do homem junto a natureza, escrevendo sua história enquanto processo civilizatório.

As consequências desta exclusão são sentidas por todos os seres que habitam a biosfera, através dos abalos ambientais ecossistêmicos produzidos no Planeta Terra. É com este propósito que Garcia (2008) destaca que todos os seres não humanos e os seres humanos mais pobres são vitimizados em seus habitats, e o único responsável por esta injustiça ambiental é o homem.

Em razão das múltiplas dimensões existências pela qual o homem se amolda a complexa realidade biótica que lhe cerca, a ecologia vem sendo empregada como um termo com vários significados, destacando-se entre eles o ambiental (CÂMARA, 2017).

¹ O Antropoceno pode ser compreendido como a mais recente era geológica da história do Planeta Terra, caracterizada pela ação do homem, com especial destaque para três fatores: a evolução tecnológica, principalmente ocorrida após a revolução industrial, o aumento populacional resultante das melhores condições de vida e o aumento da produção e do consumo.



O grande desafio da ecologia na contemporaneidade consiste na compreensão da integração entre os interesses humanos e as exigências preservacionistas ambientais que se formaram caracteristicamente sob um paradigma antropocêntrico e o premente desejo de firmar um novo paradigma ecocêntrico. Isso é percebido quanto a atual dimensão ecológica:

A dimensão ambiental ou ecológica preocupa-se com o impacto das atividades empresariais sobre o meio ambiente, incluindo a ecologia, diversidade do habitat, flora, fauna, qualidade do ar e da água, proteção da saúde humana e conservação e administração de recursos naturais (JUSTEN; MORETTO NETO, 2012, p. 739).

Percebe-se que a preocupação fulcral da discussão se assentou na revisão da garantia do interesse humano de preservar o meio ambiente para as presentes e futuras gerações da humanidade, não havendo nada mais antropocêntrico do que isso.

Tais fatores socioculturais controlam as práticas ambientais, assim, a questão cultural ambiental, hoje discutida, envereda-se pela qualidade da relação entre o ser humano e a natureza, sendo que atualmente essa relação consiste em um processo cultural de dominação e utilização, estando atingida por esta relação todas as formas de vida não humanas. O movimento de dominação que a humanidade direcionou sobre os seres vivos não humanos é resultado direto daqueles fatores socioculturais fomentados cotidianamente.

Importante destacar que esse processo sociocultural de relação do ser humano ao meio ambiente é também objeto de estudo da etnologia, na medida em que busca compreender os aspectos culturais do comportamento humano através de seus padrões, valores e níveis de adaptação (ALHO, 1992).

Qualquer discussão com predicados de interatividade entre o ser humano e o meio natural que lhe cerca deve possuir em sua base científica o conhecimento quanto as relações socioculturais, e para o ser humano interagir culturalmente com as demais formas de vida não humanas é essencial ocupar uma posição de ser coletivo, pois segundo ponderou Moran (2008), um agente socializável é aquele considerado como membro de uma cultura e de uma sociedade.

Neste passo, é necessário compreender que o ser humano é um ser necessariamente coletivo, inserido nas mais diversas relações com os demais seres humanos que povoam a sua volta. Foi com este propósito que, na construção teórica do



contrato social, Descartes demonstrou a importância das chamadas “ligações coletivas” entre os seres humanos (SERRES, 1991). Impulsionado por este pensamento, Carlos (1994), avaliando o atual estágio relacional, destaca que o homem contemporâneo tende a se auto reconhecer mais como um ser social e menos como um ser natural, e isso ocorre em virtude do processo de apropriação do meio ambiente pelo homem ao longo dos anos.

Essas ligações coletivas correspondem ao conjunto de elos que o homem desenvolve durante sua existência, voltadas a assegurar sua vivência, e sob este aspecto, Serres (1991) realça a importância de sua teoria sobre o contrato natural, ao passo que enquanto a teoria do contrato social, de raiz cartesiana, se preocupa com as ligações coletivas entre os seres humanos, a teoria do contrato natural se debruça sobre a compreensão das ligações coletivas do ser humano com as demais formas de vida que se desenvolvem ao entorno.

O ser humano, diferentemente dos demais seres vivos, detém aptidão para ocupar toda a superfície terrestre, adaptando-se as mais variadas condições climáticas, e isso ocorre em razão do constante avanço dos processos socioculturais e tecnológicos, permitindo seu ajustamento diante das mais variadas adversidades ambientais. A maturidade de um sistema cultural variará no tempo, atingindo sua plenitude diante de sua transformação de estado homogêneo para estado heterogêneo, passando a sociedade a funcionar com maior eficiência. Diversos são os fatores influenciando este equilíbrio: a tecnologia, as leis, a política, as correntes ideológicas, os costumes, os conceitos morais, a religião, entre outros (ALHO, 1992).

Esse poder de ajustamento é também denominado de “automanutenção”, vez que permite ao ser humano transformar o meio ambiente, através de fatores socioculturais, na confluência de seus interesses. Sob o ponto de vista de Alho (1992), manifestações culturais como ritos, festividades de colheita, a caça, a dança, os tabus, as expressões guerreiras, os presentes, as alianças sociais e a reprodução são indicativos desta capacidade de automanutenção.

Referendando o assunto, Souza (2005) denominou a malha de relações como uma autêntica “*teia de momentos*”, asseverando que a existência humana é definida a cada interação do ser com o mundo a sua volta, e neste cenário o homem deve ser



classificado com um ser “*não-neutro*”, vez que suas escolhas, e conseqüentemente seus atos, definem a sua existência (ALHO, 1992).

Todo esse complexo relacional, impulsionado pelos fatores e interesses socioculturais próprios do ser humano sobre o meio natural é marcado pela essencialidade: não há vida fora do meio ambiente natural. De outra sorte, nos últimos anos, essa relação tem tomado rumos que a tornaram perniciosa para a preservação ecossistêmica do meio ambiente natural.

Pesquisas recentes têm demonstrado que os cientistas acordaram para os problemas ambientais gerados a partir desta condição cultural, e a compreensão das causas e efeitos desta crise ambiental experimentada pelo mundo passou a compor a agenda dos mais variados encontros internacionais. Segundo Moran (2011), as possíveis soluções apontadas nessas discussões científicas partem do entendimento sistemático de toda a complexidade presente na relação entre ser humano e natureza.

4. CRIMINOLOGIA VERDE E O DIREITO PENAL ANTROPOCÊNTRICO

O movimento ecológico profundo defende que o homem deve aumentar seu respeito e consideração em face dos outros seres vivos, preocupando-se mais com a qualidade de vida do que a busca pelo crescimento material (HOEFEL; 1996).

Se há uma concepção ampla quanto ao significado do movimento ecológico profundo, ele poderá ser entendido como “florescimento de seres vivos humanos e não humanos com valor intrínseco. O valor de seres não humanos é independente de sua utilidade para propósitos humanos” (ROTHENBERG, *apud* HOEFEL; 1996, p. 73). Assim, a ecologia profunda é apontada por diversos filósofos ambientalistas da contemporaneidade como a seara filosófica da chamada nova cultura ecocêntrica.

Neste sentido, o movimento ecológico profundo foi responsável por ramificar e defender ideais de equidade e integração entre todas as formas de vida em desenvolvimento no Planeta Terra, defendendo a integração, sob um aspecto ontológico, de todos os seres ecologicamente vivos e que ecossistemicamente coexistem no meio ambiente natural, arrazoando a existência de valor intrínseco em cada um deles, sem haver exclusividade da vida humana. Franklin e Braida (2012) explicitaram esse aspecto através do interesse em todas as diferenças existentes entre os seres considerados, concatenando as singularidades na direção de um mesmo fim.



Como explicaram Justen e Moretto Neto (2012) houve a insurgência contra aquela visão antropocêntrica da relação entre os seres vivos como uma cadeia de embates entre os indivíduos, buscando-se incessantemente o progresso material ilimitado. Este fim é representado nas relações entre os seres naturais, evidenciando a interdependência ecossistêmica própria do mundo natural.

A criminologia verde guarda raízes com as matrizes criminológicas críticas, sejam elas radicais, feministas ou de dano social, visto que sua forma de reflexão se ampara em múltiplos fatores e não se encontra restringida por nenhuma definição legal. O termo “criminologia verde” foi criado por Lynch em 1990, é utilizado para descrever questões referentes a danos, transgressões e crimes que provocam prejuízos ao ambiente natural, à diversidade de espécies (humana e não humanas) (WHITE, 2008). Para Lynch e Stretsky (2003) as diferenças relevantes entre diversas vertentes “verdes” e de justiça ambiental impedem o desenvolvimento de uma teoria verde da criminalidade específica ou fixa.

Danos ambientais possuem consequências massivas, contando com o papel chave de empresas/corporações multinacionais, amparados pelas proteções/escusas estatais, que rumam para formas de exploração de mão de obra a custos mais baixos, aumentando assim sua margem de lucro.

A ciência penal, reverberada através do arcabouço jurídico brasileiro, é culturalmente caracterizada como antropocêntrica na medida que sua existência é justificada a partir da tutela dos interesses exclusivamente humanos. Como bem realça Balestra (1995) o Direito Penal, instrumento mais evidente das ciências penais, é construído na medida que reflete a realidade da vida humana, resultante das normas culturais naturalmente percebidas e enquadradas por seu significado ético.

Segundo Franz Von Listz (*apud* BALESTRA; 1995) o direito, em sua essência, objetiva a proteção dos interesses, sendo que esses interesses são expressados dogmaticamente no direito penal como bens fundamentais para a existência do homem, destinatário exclusivo da tutela penal. Neste sentido, como destacou Mir (1984), a tarefa do Direito Penal é a proteção dos bens considerados fundamentais ao indivíduo e a comunidade formada por esses indivíduos.

Sobre essa qualidade de relação entre direito e cultura, Reale Júnior (2000) ensina que os conceitos jurídicos aplicados - e nesta esteira, também as concepções de



justo e injusto - são construídos regularmente a partir de elementos histórico-culturais identificados na seara das relações humanas, e foi justamente com este sentido que Balestra (1995) destaca a condição do Direito como uma ciência cultural do “dever ser”. A cultura de um povo influencia na formação e a aplicação do seu ordenamento jurídico.

Essa assertiva deve ser sentida pela análise, de caráter ontológico, da ciência criminal e suas mais variadas ramificações, como o Direito Penal. Segundo Reale Júnior (2002, p. 175), “a ontologia refere-se às estruturas ou formas dos objetos em geral”, assim, o que se busca evidenciar neste capítulo é a estrutura formal do Direito Penal, revelando seu caráter antropocêntrico voltado em servir aos interesses exclusivamente humanos.

Em suma, pode-se dizer que o Direito Penal Antropocêntrico compõe um padrão de supremacia do pensamento humano segundo qual o homem é o centro dos interesses que movem o mundo, e segundo Lovatto *et al* (2011), há um modelo de hegemonia do pensamento do homem influenciando o ordenamento jurídico no Brasil, responsável por impulsiona o ser humano para fora do ideal sobre meio ambiente natural.

Sob o aspecto normativo, o Direito Penal tem por objeto o estudo dos preceitos públicos reguladores, conhecidos como normas penais, destinadas a regular a conduta do homem em sua convivência com seus pares (NORONHA; 1965).

Visando ensinar o tema, Bitencourt (2011) oferta um duplo significado a este aspecto normativo, explicitando que a finalidade é regular a (i) a relação do indivíduo com outros indivíduos e (ii) a relação do indivíduo com a coletividade.

Neste passo, os seres vivos não humanos, membros da comunidade ecológica juntamente com o homem, são tomados como objetos de direito, regulados à partir do interesse humano em sua existência diante de outro ser humano. A condição de “ser vivo” para esses seres é encarada pela norma penal como patrimônio difuso da humanidade.

Já em seu aspecto valorativo, o Direito Penal destina-se a tutelar os valores considerados fundamentais para a humanidade, distinguindo-se dos demais ramos do Direito por essa fundamentalidade, razão pela qual ocupa posição de destaque na escala hierárquica de valorização da norma jurídica (NORONHA; 1965).



Neste sentido, os interesses dos seres vivos não humanos acabam sendo desconsiderados para fins de tutela jurídico-penal. Assim, a vida não humana não ostenta valor intrínseco, mas apenas valor extrínseco, partindo do interesse humano sobre ela.

Quanto ao caráter finalista do Direito Penal, cumpre iniciar a discussão realçando que a finalidade do Direito, como ciência cultural do dever ser, corresponde a proteção dos chamados bens ou interesses de maior relevância para a humanidade. São valores socioculturais espelhados em bens jurídicos tutelados através do caráter cogente do Direito Penal, ou como diz Prado (2012), valores do ser substanciados através do caráter do “dever ser” da norma jurídico-penal.

A consequência epistemológica refletida no campo jurídico-dogmático do Direito Penal corresponde na formação de um ordenamento jurídico positivado através de leis que encaram como único bem considerado fundamental e digno de tutela estatal aqueles extraídos do interesse humano. Não há bem merecedor de tutela jurídico-penal fora do campo do interesse humano, revelando o caráter antropocêntrico do Direito Penal Brasileiro.

4.1. A CRIMINALIDADE AMBIENTAL NO BRASIL E O DIREITO PENAL BRASILEIRO

O atual cenário jurídico-penal brasileiro tutela o meio ambiente - *compreendido através de seus seres bióticos não humanos e seus elementos abióticos* - como patrimônio difuso da humanidade, vinculado ao interesse humano. Neste sentido, importante realçar que o meio ambiente natural compõe a esfera utilitarista do interesse humano, ora como um bem fundamental da humanidade, ora como um bem individual necessário ao seu desenvolvimento pessoal.

A evidenciação dialética-argumentativa da tutela penal da vida não humana como direito patrimonial difuso de caráter fundamental do ser humano, abrangido no espectro do direito ambiental antropocêntrico, deve ocorrer na seara de estudos da objetividade jurídico-penal, conjugado com os aspectos jurídicos da dignidade da pessoa humana, da objetificação do meio ambiente natural e da passividade humana do sujeito nos crimes ambientais.

Contudo, existe uma nítida diferenciação quanto ao tratamento jurídico-penal ofertado entre a vida humana e a vida não humana no Direito Brasileiro, consequência imediata do caráter antropocêntrico da ciência penal em solo brasileiro.

A responsabilidade penal pelos crimes ambientais esta expressamente prevista no parágrafo terceiro do artigo 225 da CF/88¹ como patrimônio da humanidade. Neste passo, a vida não humana vem alheia a qualquer autonomia jurídico-axiológica, diversamente como ocorre com a vida humana, intrinsecamente valorizada enquanto bem fundamental do ser humano².

A consequência lógico-jurídica para a tutela penal da vida não humana corresponde a sua condição de objeto de direito. Se a vida dos seres não humanos é encarada como “coisas” da natureza disposta ao interesse humano, sua manipulação jurídica ocorrerá de acordo com o esse interesse humano, único sujeito de direitos.

Essa consequência vem representada nas palavras de Mir (1984) ao afirmar que o homem é o único ser capaz de ostentar, em si mesmo, a titularidade dos bens jurídicos, seja está titularidade expressada de forma particular ou comunitária.

O Direito Penal moderno apresenta-se como uma disciplina culturalmente antropocêntrica, centralizando o interesse dos seres humanos, ao mesmo tempo em que circunstanciou o interesse dos seres vivos não-humanos. O maior interesse que um ser não humano pode ostentar é a vida, e ela é tutelado pelo Direito Penal como um conjunto de bases materiais naturais para a realização da vida humana³.

O meio ambiente foi alçado à categoria de direito-dever fundamental do homem no ordenamento jurídico brasileiro com a Constituição Federal de 1988, reflexo do fomento das discussões políticas internacionais sobre a necessidade de protegê-lo para as presentes e futuras gerações (CÂMARA; 2017).

¹ § 3º As condutas e atividades consideradas lesivas ao meio ambiente sujeitarão os infratores, pessoas físicas ou jurídicas, a sanções penais e administrativas, independentemente da obrigação de reparar os danos causados.

² Partindo desta divisão axiológica, diversos pensadores contemporâneos destacam que a ineficiência jurídica envolvendo a preservação ambiental e o desenvolvimento sustentável ocorre em razão da exclusão dos seres vivos não humanos daquilo que se entende por “social”. Em outros termos, apenas o ser humano é um ser social, merecedor de direitos, enquanto os demais seres vivos são elementos utilizados como instrumento dos direitos dos humanos.

³ Essa percepção é extraída da compreensão ontológica que se dá ao meio ambiente. Marcadamente antropocêntrica, essa compreensão, mas palavras de Prado (2012), considera o meio ambiente como um conjunto de bases naturais afetados ao desenvolvimento social da vida humana.

Diversos juristas apontam que a Constituição Federal Brasileira de 1988 permite revelar que o Brasil ingressou em nova era constitucional consubstanciada através de um Estado Democrático de Direito Ambiental, defendendo a existência das presentes e futuras gerações da raça humana através da dependência imediata do equilíbrio ecológico natural, tornando a preservação da natureza um dos objetivos fundamentais do Estado. Discursando de forma mais abrangente, ensina Câmara (2017, p. 01) que

Boa parte da doutrina ambientalista brasileira defende que a partir de então, começou a se estruturar no Brasil um Estado de Direito Democrático e Ambiental, modelo teórico cujas bases foram cunhadas por juristas alemães, no qual a proteção do meio ambiente para as presentes e futuras gerações humanas se insere entre os objetivos fundamentais do Estado, que deve tomar as providências cabíveis para a sua concretização.

Neste sentido, o fundamento hermenêutico constitucional deste Estado Ambiental (Antropocêntrico) vem estampado na regra do artigo 225, “caput” da Constituição Federal Brasileira de 1988, que diz: Todos têm direito ao meio ambiente ecologicamente equilibrado, bem de uso comum do povo e essencial à sadia qualidade de vida, impondo-se ao Poder Público e à coletividade o dever de defendê-lo e preservá-lo para as presentes e futuras gerações (BRASIL; 1988, não paginado).

O texto fundamental concebe o meio ambiente ecologicamente equilibrado como um direito essencial à sadia qualidade de vida. Entretanto, o mesmo texto classifica o meio ambiente ecologicamente equilibrado como um bem de uso comum do povo, revelando seu caráter antropocêntrico na medida que a vida dos seres não humanos, integrantes do meio ambiente natural, é defendida como um bem essencial aos interesses humanos.

A propósito, ao discorrer sobre a proteção florestal no Brasil, Prado (2012) literalmente exemplificou que o artigo 38 da Lei 9.605/1998 mantém como bem jurídico protegido o “patrimônio” florestal, evidenciando o caráter material do meio ambiente natural para aquele fim. Complementa o autor

Calha também esclarecer exemplificando o seguinte: ambiente (bem jurídico); condicionantes naturais da vida humana e de seu desenvolvimento, (equilíbrio dos) sistemas ou recursos naturais (substrato do bem jurídico); e um animal selvagem, uma planta, uma quantidade de água fluvial, lacustre ou marítima, uma parcela da atmosfera ou do solo etc. (objeto da ação) (PRADO; 2012, p. 118).



Nesta esteira, resta evidenciado que a vida dos animais e das plantas em geral ostenta condição de “direito difuso” sobre o qual recai a conduta criminosa, ao passo que o bem juridicamente tutelado pela norma penal ambiental, interesse penalmente resguardado, são os recursos naturais, essenciais a existência materializada da vida humana na Terra. Neste sentido, o meio ambiente natural como um todo ganha a conotação de bem jurídico de natureza transindividual difusa.¹

4.2. DIREITO PENAL ECOCÊNTRICO

A proposta de um Direito Penal Ecocêntrico parte de arcabouço normativo preservacionista, relegando a dominação do homem sobre a natureza ao mesmo tempo que exalta a inclusão do ser humano ao ecossistema natural que lhe cerca, participando através de um sentimento de cooperação e dialogicidade (JUSTEN; MORETTO NETO, 2012).

Um Direito Penal Ecocêntrico tem por finalidade tutelar a vida e a existência tanto dos seres humanos como dos seres não humanos, assegurando a todos os habitantes da Terra justiça intrageracional - *aquela referente as sociedades politicamente diferentes, que coexistem na atualidade* - e justiça intergeracional² - *aquela referente as futuras gerações, que não coexistem fisicamente* (GARCIA; 2008).

O fundamento para uma proposta teórica de Direito Penal Ecocêntrico, efetivamente compromissado com questões ecológicas contemporâneas, deve vir alicerçado sobre fatores jusfilosófico especulativamente discutidos sob a luz da ordem jurídico-constitucional vigente. Neste propósito, Prado (2012) destaca que a ordem constitucional atua como autêntica fonte das evoluções normativas ao passo que aponta os caminhos para um ordenamento jurídico mais moderno, justo e atuante

Para esse propósito, as leis naturais, próprias da ciência ecológica, necessitam ser incorporadas à ciência jurídica, numa autêntica fundição científica capaz de gerar normas jurídico-ecológicas voltadas a preservação da vida como um todo. O movimento

¹ Segundo Sirvinskas (1998) a compreensão daquilo que se pode ter como bens jurídico-penais de caráter transindividual ou difuso, como é o meio ambiente natural, ainda é tema novo para as ciências penais, restando diversas discussões científicas quanto a sua exata compreensão.

² A intergeração não é uma característica exclusiva do ecocentrismo. Ordenamentos jurídicos genuinamente antropocêntricos poderão apresentar normas de caráter intergeracional na medida em que suas normas objetivem com exclusividade a preservação ambiental para as futuras gerações humanas. Como destaca Benjamim (2011, p. 86), o antropocentrismo intergeracional “ênfatiza obrigações do presente para com os seres humanos do futuro”.

ecocentrista apresenta fundamentos neste sentido, razão pela qual é apontado como um fator de sintonia entre o direito e a ecologia (BENJAMIN; 2011). Toda mudança de paradigma impulsiona o estudioso a mudar sua percepção sobre o significado do universo. Neste sentido, Kuhn (1987, p. 145) afirma que “guiados por um novo paradigma, os cientistas adotam novos instrumentos e orientam seu olhar em novas direções”.

Desta forma, o ideal do Direito Penal Ecocêntrico consiste em reconhecer que a “vida” dos seres não humanos deve ser protegida de maneira autônoma do interesse patrimonial, individual ou difuso, do homem, partindo das três espécies de controle social apontados por Leopold (2020, p. 23): “a legislação, o interesse próprio e a ética”.

5. CONSIDERAÇÕES FINAIS

À guisa de conclusão, os seres vivos não humanos, embora sejam elementos animados biologicamente, são desprovidos de racionalidade, e em razão desta condição, são incapazes de exercer, por eles mesmos, o trabalho argumentativo destinado a preservação de seus direitos. Por corolário, restará ao homem a responsabilidade de reconhecer que além dele, há vida em outros seres, não sendo a capacidade racional justificativa viável a permitir que esses seres vivos não humanos sejam objeto patrimonial de apropriação e exploração ilimitada, como se a humanidade evoluísse a despeito das regras naturais desenvolvidas através da instrumentalização dos ecossistemas.

Desta forma, compreender o interesse não humano como um bem jurídico-penal fundamental, merecedor da tutela penal, encontrará seu “*dever-ser*” racionalizado no juízo positivo de valor sobre os interesses imateriais destes seres, como a vida e a dignidade própria. Essa compreensão vem atrelada a aspectos ecossistemicamente vitais da cultura ecocêntrica, onde todos os seres são entidades vivas convivendo de maneira interligada, enfrentando variações axiológicas de seus interesses no tempo e no espaço.

REFERÊNCIAS

ALHO, C. J. R. A Teia da Vida: Uma introdução à Ecologia Brasileira. Rio de Janeiro: Objetiva. 1992.



- ARTAXO, P. Uma nova era ecológica em nosso Planeta: o Antropoceno. Revista USP. São Paulo, n. 103, p. 13-24. 2014.
- BALESTRA, C. F. Tratado de Derecho Penal. Tomo I. Parte General. 2ª edição. Buenos Aires: Abeledo-Perrot, 1995.
- BENJAMIN, A. H. A natureza no direito brasileiro: coisa, sujeito ou nada disso. Revista do Programa de Pós-Graduação em Direito da UFC, v. 31, n. 1, (2011): jan./jun. 2011. Disponível em: <http://www.periodicos.ufc.br/nomos/article/view/398> . Acessado em: 13 out. 2022.
- BITENCOURT, C. R. Tratado de Direito Penal – Parte Geral 1, 16ª edição. São Paulo: Saraiva. 2011.
- BRASIL. Constituição (1988). Constituição da República Federativa do Brasil. Brasília: Senado Federal, 1988. Disponível em: [Constituicao-Compilado \(planalto.gov.br\)](http://www.planalto.gov.br/constituicao-Compilado). Acesso em: 08 Dez. 2021.
- BRASIL. Supremo Tribunal Federal. Mandado de Segurança 22.164/SP. Tribunal Pleno. Impetrante: Antônio de Andrade Ribeiro Junqueira. Impetrado: Presidência da República. Relator: Ministro Celso de Mello. Brasília, 30 de outubro de 1995. Disponível em: <https://redir.stf.jus.br/paginadorpub/paginador.jsp?docTP=AC&docID=85691> . Acessado em 21 set. 2021.
- CÂMARA, A. S. V. M. Direito constitucional ambiental brasileiro e ecocentrismo: um diálogo possível e necessário a partir de Klaus Bosselmann – Rio de Janeiro: Lumen Juris. 2017.
- CARLOS, A. F. A. O meio ambiente urbano e o discurso ecológico. Revista do Departamento de Geografia, v. 8, p. 75-78, 1994.
- FLORES, C. R.; KONRAD, O.; FLORES, J. A. Green Criminology: cenário das produções científicas. Revista Ibero Americana de Ciências Ambientais, v. 8, n.4, p. 268-280, 2017. DOI: <http://doi.org/10.6008/SPC2179-6858.2017.004.0022>. Acessado em: 04 jun. 2020.
- FRANKLIN, B. L.; BRAIDA, C. R. Sustentabilidade e máquina universal: uma crítica à ecologia profunda. Simpósio Nacional Abciber, 5, Florianópolis, 2011. UDESC/UFSC, 2011.
- GARCIA, M. da G. O lugar do direito na proteção do ambiente. Instituto de Ciências Jurídico-Políticas. Centro de Investigação de Direito Público. Lisboa. 15 Out. 2008. Disponível em: <https://icjp.pt/sites/default/files/media/720-1113.pdf> . Acessado em: 27 Jul. 2022.



- HOEFEL, J. L. Arne Naess e os oito pontos da ecologia profunda. *Temáticas*. Campinas, 4(7):69:89, jan./jun. 1996. Disponível em: <https://doi.org/10.20396/tematicas.v4i7.12404>. Acessado em: 16 jun. 2022.
- JUSTEN, C. E.; MORETTO NETO, L. Do economicismo à dialogicidade: as contribuições do paradigma da ecologia profunda e da noção de gestão social para a temática da sustentabilidade empresarial. *Cadernos EBAPE.BR*, Rio de Janeiro, RJ, v. 10, n. 3, p. 736 a 750, 2012. Disponível em: <https://bibliotecadigital.fgv.br/ojs/index.php/cadernosebape/article/view/5493>. Acesso em: 7 jun. 2022.
- KUHN, T. S. A estrutura das revoluções científicas. Tradução: Beatriz Vianna Boeira e Nelson Boeira - São Paulo: Editora Perspectiva. 1987.
- LEOPOLD, A. A ética da terra de Aldo Leopold. Tradução de Álvaro Boson de Castro Faria. 1ª. edição – Curitiba: Appris, 2020.
- LOVATTO, P. B.; ALTEMBURG, S. N.; CASALINHO, H.; LOBO, E. A. Ecologia profunda: o despertar para uma educação ambiental complexa. *REDES*. Santa Cruz do Sul, v.16, n. 3, p. 122-137, set/dez 2011. 2011. Disponível em: <https://www.redalyc.org/pdf/5520/552056841007.pdf>. Acessado em: 16 jun. 2022.
- LYNCH, M. J.; STRETSKY, P. B. The meaning of green: Contrasting criminological perspectives. *Theoretical Criminology*, v. 7, n. 2, p.217-238, 2003.
- MILARÉ, E. Direito do Ambiente: doutrina, prática, jurisprudência, glossário. São Paulo: Editora Revista dos Tribunais, 2000.
- MIR, J. C. Curso de Derecho Penal Español. Parte general I. Introducción. Teoría jurídica del delito. 2ª. edición, actualizada y considerablemente ampliada. Madrid: Editorial Tecnos, S.A., 1984.
- MORAN, E. F. Nós e a natureza: uma introdução às relações homem-ambiente. Tradução Carlos Slak - São Paulo: Editora Senac. 2008.
- NORONHA, E. M. Direito Penal – 1º. Volume, Introdução e Parte Geral. 3ª. edição revista e atualizada. São Paulo. Editora Saraiva. 1965.
- PRADO, L. R. Direito penal ambiental, 14ª. edição, ver., atual. e ampl. - São Paulo: Editora Revista dos Tribunais, 2012.
- REALE JÚNIOR. M. Teoria do Delito. 2ª. edição. São Paulo: Revista dos Tribunais, 2000.
- REALE JÚNIOR. M. Instituições de Direito Penal. 1ª. edição. Rio de Janeiro: Forense, 2002.



SERRES. M. O Contrato Natural. Tradução de Beatriz Sidoux. Revisão de Oto Araújo Vale e Ricardo Musse. Rio de Janeiro: Nova Fronteira. 1991.

SIRVINSKAS, L. P. Tutela Penal do Meio Ambiente: breves considerações atinentes à Lei n. 9.605, de 12 de fevereiro de 1998. - São Paulo: Saraiva, 1998.

SOUTH, N.; AVI, B.; GOYES, D. R.; MOL, H. Una Introducción a la Criminología Verde: Raíces, teoría, métodos y temas de estudio. Universidade Antonio Mariño. ISBN: 978-958-35-1156-1. Janeiro de 2018. Disponível em: (PDF) Introducción a la criminología verde (researchgate.net) . Acessado em: 12 dez. 2021.

SOUZA, R. T. de. Bases filosóficas da bioética e sua categoria fundamental: visão contemporânea. Revista Bioética. Brasília, v. 13, n. 2, 2005.

WHITE, R. Crimes Against Nature: environmental criminology and ecological justice. 1ª ed. Devon: Willan Publishing, 2008.

CAPÍTULO II

RISCOS DA CONTAMINAÇÃO POR MICROPLÁSTICOS AOS SISTEMAS ORGÂNICOS DE SERES HUMANOS: UMA REVISÃO NARRATIVA

RISKS OF CONTAMINATION BY MICROPLASTICS TO THE ORGANIC
SYSTEMS OF HUMANS: A NARRATIVE REVIEW

DOI: 10.51859/ampla.mas3200-2

Lorrani Lopes Duffeck¹
Polyana Barbosa da Silva²
Larissa Dayelle Osternack³
Letícia Gabriel da Silva⁴
Débora Maria Vargas Makuch⁵
Juliana Ollé Mendes⁶

¹ Graduanda do curso de Medicina das Faculdades Pequeno Príncipe - FPP.

² Graduanda do curso de Medicina das Faculdades Pequeno Príncipe - FPP.

³ Graduanda do curso de Medicina das Faculdades Pequeno Príncipe - FPP.

⁴ Graduanda do curso de Medicina das Faculdades Pequeno Príncipe - FPP.

⁵ Mestre em Ensino nas Ciências da Saúde pelas Faculdades Pequeno Príncipe – FPP.

⁶ Mestre em Ensino nas Ciências da Saúde pelas Faculdades Pequeno Príncipe – FPP.

RESUMO

Os microplásticos (MPs) são materiais derivados dos plásticos com um tamanho menor que 5 mm. A contaminação ambiental com esses materiais vem crescendo de forma significativa no último século devido ao uso substancial de materiais derivados de polímeros sintéticos, prejudicando diversos ecossistemas em escala global. O objetivo dessa revisão foi elencar os principais danos causados pelos microplásticos na saúde humana, ressaltando os principais sistemas orgânicos. Como metodologia foi utilizada a revisão narrativa de literatura com artigos dos últimos cinco anos. Constatou-se que a exposição dos humanos aos microplásticos acontece pela ingestão de alimentos e água contaminada e inalação de poeira. Estudos mostram que a exposição a esses materiais é significativamente danosa ao organismo, causando reações pró-inflamatórias generalizadas, disbioses e esterilidade. Ainda que os danos ao organismo sejam inegáveis, as pesquisas com humanos permanecem com um

número amostral reduzido, restringindo os resultados a estudos em camundongos.

Palavras-chave: Microplásticos. Risco à Saúde. Saúde Ambiental.

ABSTRACT

Microplastics (MPs) are materials derived from plastics with a size smaller than 5 mm. Environmental contamination with these materials has been growing significantly in the last century due to the substantial use of materials derived from synthetic polymers, harming several ecosystems on a global scale. The objective of this review was to list the main damages caused by microplastics in human health, highlighting the main organic systems. As a methodology, a narrative literature review was used with articles from the last five years. Human exposure to microplastics has been found to occur through ingestion of contaminated food and water and inhalation of dust. Studies show that exposure to these materials is significantly harmful to the body,



causing generalized pro-inflammatory reactions, dysbiosis and sterility. Although the damage to the organism is undeniable, research with humans remains with a reduced sample

number, restricting the results to studies in mice.

Keywords: Microplastics, Health Risk, Environmental Health.

1. INTRODUÇÃO

O uso de materiais plásticos durante o cotidiano da vida moderna cresceu de forma exponencial no último século em decorrência de suas características como maleabilidade, leveza, durabilidade, versatilidade e baixo custo. Os plásticos são compostos polímeros sintéticos ou semissintéticos (WU et al., 2023) utilizados na fabricação de uma ampla gama de materiais, desde embalagens a peças de maquinários industriais (HUANG et al., 2022). Estima-se que anualmente a produção de plásticos ultrapassa o valor de 368 milhões de toneladas em escala mundial (BLACKBURN; GREEN, 2022). Entretanto, é válido ressaltar que a quantidade de plásticos e derivados produzida pela humanidade ultrapassa os valores de resíduos descartados adequadamente, afetando diretamente a quantidade de material plástico reciclado. Supõe-se que cerca de 80% dos materiais plásticos produzidos são lançados no meio ambiente na forma de soterramento, descarte direto no solo e descarte em fluviais (YANG, LI; BORASCHI, 2023).

A degradação dos plásticos é um processo lento e difícil, assim, são acumulados em diversos ecossistemas, seja terrestre ou aquático. No meio ambiente, os plásticos são encontrados de duas formas: em grandes resíduos maiores que 5 milímetros, denominados “macroplásticos”, ou em pequenos fragmentos de plásticos menores que 5 milímetros e maiores que 1 micrometro denominados “microplásticos” (MP) (BLACKBURN; GREEN, 2022). Além disso, os MPs podem ser classificados quanto a sua origem. São denominados microplásticos primários aqueles que já foram liberados para o meio ambiente em sua microforma, ou seja, aqueles que são utilizados em produtos de higiene e cosméticos, como, por exemplo, microesferas abrasivas em pastas dentais e cremes esfoliantes, ou também aqueles que são resquícios da fabricação dos plásticos devido à grande abrasão dos materiais durante o processo produtivo. Já os microplásticos secundários são aqueles com origem na degradação dos macroplásticos no meio ambiente, resultantes da fotodegradação ou do desgaste mecânico ao longo do tempo (BLACKBURN; GREEN, 2022).

Os principais microplásticos encontrados no meio ambiente são os polipropilenos, polietileno, poliestireno e tereftalato de polietileno e o tempo de meia vida de cada um deles varia de acordo com os fatores ambientais os quais ficam expostos, propiciando o acúmulo significativo no meio ambiente.

Devido a contaminação ambiental, os microplásticos já foram identificados em ecossistemas aquáticos marinhos e de água doce, além de serem detectados também no solo e no ar (HUANG et al., 2022). Ainda, pela grande facilidade de dispersão, os MPs já foram encontrados em regiões remotas como Ártico e Antártica (LIU et al., 2022). Essa contaminação acontece de forma cumulativa nos níveis tróficos das cadeias alimentares, fazendo com que os níveis tróficos superiores fiquem com cada vez mais MPs acumulados. Assim, com a contaminação de fontes essenciais para a vida, os seres humanos são afetados pelos MPs por meio da ingestão de água e alimentos contaminados, tendo como possível vetor de contaminação o consumo de animais marinhos, os quais foram previamente contaminados com os MPs nos oceanos (NAIDOO e RAJKARAN, 2020). Atualmente, já foram encontrados microplásticos em alimentos como mel, cerveja, açúcar, sal, água de torneira e água engarrafada. Além da forma de contaminação pela ingestão de MPs, os humanos também estão expostos ao risco de inalação de microplásticos, os quais atingem a via aérea podendo causar comorbidades em todo trato respiratório.

Os plásticos no geral possuem aditivos químicos, como corantes e pigmentos, comprovadamente carcinogênicos e mutagênicos, potencialmente tóxicos para a saúde humana. Dentre esses compostos, tem-se destaque nos ftalatos, cloreto de polivinila (PVC) e os éteres difenílicos polibromados (PBDEs). Já no meio ambiente, os MPs podem, por adsorção, se ligarem com outros poluentes como antibióticos e poluentes orgânicos persistentes (POPs) potencializando os efeitos deletérios na saúde humana (BLACKBURN; GREEN, 2022).

Os riscos dessa contaminação nos humanos vêm sendo estudados nos últimos anos, mas o mecanismo fisiopatológico ainda não está totalmente esclarecido. Como sinal da gravidade dessa contaminação, os microplásticos já foram detectados em fezes, urina, cabelo, saliva e placenta de humanos (LIU et al., 2022).

A fim de avaliar o grau de comprometimento que os MPs provocam em seres humanos, buscou-se mapear estudos que mostrem o impacto da contaminação de

microplásticos na saúde humana nos principais sistemas orgânicos do corpo, como o sistema respiratório, digestivo, cardiovascular e imune.

2. METODOLOGIA

Trata-se de uma revisão narrativa de artigos publicados nas bases de dados eletrônicas *Virtual Health Library* (BVS), PubMed e SciElo. A procura pelos materiais foi realizada pela combinação das palavras “microplastic”, “health” e “human body”, juntamente com o booleano “AND” para auxiliar na busca. Além disso, os resultados foram filtrados para publicações dos últimos cinco anos e em língua inglesa. Foram selecionados em um primeiro momento um total de 24 artigos apenas pela leitura parcial dos materiais, como título e resumo. Em um segundo momento, foram excluídos aqueles pagos e que apresentaram tangência do tema quando lidos na íntegra. Dessa forma, foram utilizados 11 artigos no total.

3. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

Cada vez mais, estudos demonstram que a humanidade está exposta aos microplásticos por meio da ingestão de alimentos, bebidas e até mesmo por inalação (BLACKBURN; GREEN, 2022). Devido ao seu tamanho, eles possuem elevada bioacessibilidade ao organismo humano, permitindo-lhes exercer efeitos na saúde a nível celular (WU et al., 2023).

Microplásticos presentes no ar se acumulam principalmente na cavidade nasal e trato respiratório inferior, o que resulta em doenças pulmonares como asma e pneumoconiose, enquanto os presentes nos alimentos se depositam ao longo dos intestinos, o que pode lesionar os enterócitos, rompendo a barreira intestinal e atuando como enterotoxinas (ZHANG et al., 2022). Além disso, essas partículas plásticas são capazes de se mover do intestino para os sistemas linfáticos e circulatório, e quando menores podem possivelmente penetrar nas membranas celulares, barreira hematoencefálica e placentária (NAIDOO e RAJKARAN, 2020).

Assim, essas micropartículas não só bioacumulam no organismo humano, mas também desencadeiam disbiose (por alteração microbioma local), estresse oxidativo, e inflamação sistêmica crônica, além de atuarem como vetores químicos e patogênicos (WU et al., 2023).

Microrganismos como bactérias e vírus conseguem colonizar as superfícies de microplásticos, com geração de biofilmes e superação das barreiras físicas do organismo, facilitando a invasão de tecidos subjacentes à epiderme (YANG, LI e BORASCHI, 2023). Utilizando-se dos microplásticos, esses patógenos podem alterar suas características biológicas e explorar meios alternativos de interação com o sistema imunológico que, dependendo das células imunes em questão, podem resultar em aumento da eliminação e depuração dos microrganismos ou provocar efeitos patológicos exacerbados (YANG, LI e BORASCHI, 2023). Ademais, recentemente foram demonstradas as relações entre os microplásticos e bactérias resistentes a antibióticos, uma vez que o biofilme formado na superfície dos microplásticos facilita a transferência de genes, o que contribui para o desenvolvimento de superbactérias (BLACKBURN; GREEN, 2022).

Ressalta-se que o organismo, em resposta à presença dessas pequenas partículas, desencadeia a atividade imunológica por meio das reações inflamatórias (NAIDOO e RAJKARAN, 2020). Para avaliar esses efeitos inflamatórios, Pulverent et al. (2022) realizou uma revisão sistemática que evidenciou o aumento de interleucinas pró-inflamatórias quando há exposição aos microplásticos. Além disso, os autores constataram que a persistência de quadros inflamatórios agudos pode evoluir para um quadro crônico, causando inflamações sistêmicas, as quais induzem doenças como asma, doença pulmonar obstrutiva crônica e doença inflamatória intestinal.

A fim de averiguar a toxicidade orgânica desses compostos, utilizam-se modelos animais, já que há indícios que tanto humanos quanto animais expostos respondem de maneira semelhante, e modelos *in vitro* (DANSO, WOO; LEE, 2022). Um estudo em modelos animais, realizado por Wu et al (2023), demonstrou que camundongos expostos a suspensões tópicas com microplásticos tiveram redução do volume lacrimal e destruição das microvilosidades epiteliais da córnea, além de aumento nos níveis de TNF- α , sugerindo distúrbios semelhantes à ceratoconjuntivite seca humana. Já estudos *in vitro* demonstraram que a córnea e as células epiteliais da conjuntiva humana podem absorver partículas de microplásticos, diminuindo a viabilidade celular local.

Além disso, em seu trabalho, Rotchell et al. (2023) identificou um total de vinte partículas de microplásticos em quatro de cinco amostras de tecido de veia safena humana, utilizando espectroscopia no infravermelho com transformada de Fourier



(FTIR). Os níveis de microplásticos encontrados nesses tecidos venosos foram semelhantes aos níveis no cólon relatados na literatura e foram superiores aos níveis relatados nos pulmões. Evidencia-se, ainda, o aumento das células inflamatórias (macrófagos, eosinófilos, neutrófilos e linfócitos) nas respostas de toxicidade pulmonar relacionada à exposição aguda de camundongos instilados com microplásticos, enquanto a sua exposição crônica pode causar reações de fibrose e desenvolvimento neoplásico (DANSO, WOO; LEE, 2022).

Xie et al (2022), por sua vez, com o objetivo de compreender os danos que os microplásticos podem causar ao trato intestinal, estudou camundongos expostos a essas pequenas partículas durante sete dias. Foram demonstrados danos na composição da microbiota devido a toxicidade do microplástico ao organismo, o que pode comprometer as ações fisiológicas do intestino e estar relacionado com possíveis problemas de obesidade.

Em relação ao trato respiratório, Huang et al. (2022) detectou a presença de vinte um tipos de microplásticos em todas as amostras de escarro de 22 pacientes com diferentes doenças respiratórias.

No que diz respeito às substâncias que compõem os microplásticos, o poliestireno é um composto muito usado nas embalagens alimentícias, sendo facilmente misturado aos alimentos e absorvido pelo organismo (LIU et al., 2022). Para avaliar seu impacto na fertilidade, um estudo foi realizado expondo camundongos à microplásticos de poliestireno por trinta e cinco dias, e foi possível demonstrar o acúmulo dessas partículas em vários tecidos e órgãos, sendo o principal impacto no sistema reprodutivo feminino. Os folículos antrais foram reduzidos de forma significativa, indicando que o microplástico pode afetar o desenvolvimento dos folículos ovarianos (LIU et al., 2022).

Outro componente estudado é o ftalato, substância amplamente utilizada como plastificante, e já encontrada em urina humana, leite materno e poeira doméstica. Há evidências que propõem a relação entre quantidade de ftalatos e ocorrências de alergias e asma, principalmente na infância (BLACKBURN; GREEN, 2022).

4. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Foi possível capturar um panorama de dados a partir dos onze estudos selecionados que demonstraram em consonância, o preocupante aumento da exposição humana aos microplásticos por diversos mecanismos, principalmente por inalação e ingestão.

WU et al. (2023) destaca os possíveis efeitos a nível citológico, com o excesso de radicais livres produzidos e a produção de mediadores pró-inflamatórios, que também foram estudados por Naidoo e Rajkaran (2020) e Pulverirent et al. (2022) que constataram aumento de citocinas que geram doenças agudas e crônicas nos mais diversos sistemas orgânicos.

A respeito da forma inalatória, Zhang et al. (2022) destacou seu acúmulo tanto nas vias aéreas superiores quanto inferiores. É consenso que os microplásticos acarretam reações alérgicas, inflamatórias, doenças pulmonares obstrutivas crônicas como o enfisema, asma, doenças restritivas como as pneumoconioses e até neoplasias, sendo que Huang et al. (2022) apresentou seus resultados em escarro de pacientes humanos e Danso, Woo e Lee (2022) estudaram a toxicidade em exposição aguda e crônica a camundongos. Já BLACKBURN; GREEN (2022) contribui ao citar o ftalato, uma das substâncias que se relaciona a problemas respiratórios na pediatria visto que é amplamente encontrado em poeira de ambientes domésticos.

A intoxicação pela ingestão de microplásticos através de alimentos e bebidas ocorre pelo mecanismo de acúmulo de microplásticos no intestino, Zhang et al. (2022) destaca a ação dos MPs como de enterotoxina, como consequência ocorre a disbiose ressaltada por Wu et al. (2023) e Xie et al.(2022) corrobora essa evidência ao constatar alterações na microbiota de camundongos, as quais alteram a fisiologia intestinal, o que pode ter relação com a obesidade.

Naidoo e Rajkaran (2020) menciona a capacidade dos microplásticos de migrarem do intestino para outros sistemas, incluindo: linfático, circulatório, nervoso e placentário. Rotchell et al. (2023) agrega a essa visão ao descobrir essas substâncias em veia safena humana e Wu et al. (2023) identifica dano órgãos responsáveis pela visão de camundongos. Em concordância, Liu et al. (2022) destaca a presença de poliestireno no

sistema reprodutor dessa mesma espécie e Blackburn e Green (2022) relata a presença de ftalatos em urina humana e leite materno.

Yang, Li e Boraschi (2023) destacam que os microplásticos podem servir como colônia para o crescimento de bactérias e fungos, processo que auxilia na invasão da epiderme por esses patógenos, ainda, essa interação poderia resultar em consequências patológicas e dano ao sistema imune. Complementando esse processo, BLACKBURN; GREEN (2022) destaca o processo facilitador dos microplásticos para o surgimento de resistência bacteriana.

Diante do exposto, a relevância da temática se dá pelo aumento dessas substâncias na natureza, e conseqüentemente seu contato com os seres humanos. Os achados encontrados em estudos *in vitro* e *in vivo* com outras espécies sugerem fortemente consequências amplas e negativas para o organismo, incluindo impactos celulares e sistêmicos diversos.

5. CONCLUSÃO

A utilização massiva de materiais plásticos no último século resultou no seu acúmulo no meio ambiente. Ao serem descartados incorretamente e expostos ao intemperismo, esses elementos dão origem aos microplásticos, compostos que dificilmente podem ser capturados e retirados do ambiente. Dessa forma, a contaminação de água, solo e ar se tornou inevitável. A preocupação com os impactos na saúde humana ganhou espaço na última década, refletindo em estudos *in vitro* e *in vivo* com espécies murinas e seres humanos. A exposição dos humanos acontece pela ingestão de água e alimentos contaminados com MPs e pela inalação do ar com a suspensão de MPs, e pela extensa poluição ambiental por esses produtos, os MPs são encontrados inclusive em locais remotos do planeta.

Devido ao tamanho reduzido (< 5 milímetros) e composição com adição de substâncias químicas tóxicas, os microplásticos são altamente lesivos aos sistemas orgânicos. Ao entrarem por inalação no trato respiratório humano, os MPs causam uma reação inflamatória com aumento de mediadores químicos pró-inflamatórios, o que aumenta a incidência de reações alérgicas, asma, enfisema, pneumoconioses e neoplasias. Ademais, a ingestão por água ou alimentos de microplásticos resulta em reações inflamatórias em todo trato gastrointestinal, com destaque para o intestino.

Além de lesar os enterócitos, os MPs têm uma porta de entrada para outros sistemas, como o sistema linfático e cardiovascular, o que facilita sua difusão pelo corpo causando alterações patológicas em distintos locais pela reação do sistema imune contra o MP e pela relação de disbiose com a microbiota humana. Entretanto, estudos com seres humanos permanecem com o número amostral reduzido, sendo a maioria das evidências baseadas nas reações causadas em murinos, todavia é inegável o risco dos microplásticos à saúde humana e ambiental.

Assim, sugere-se fortemente a realização de estudos futuros em seres humanos para investigar desfechos desfavoráveis, com o objetivo de superar a fragilidade encontrada nesta revisão, devido ao reduzido número destes estudos.

REFERÊNCIAS

- BLACKBURN, K.; GREEN, D. The potential effects of microplastics on human health: what is known and what is unknown. **Ambio.**, v. 51, n. 3, p. 518-530, 2022.
- DANSO, I.; WOO, J. H.; LEE, K. Pulmonary Toxicity of Polystyrene, Polypropylene, and Polyvinyl Chloride Microplastics in Mice. **Molecules**, v. 27, n. 22, 2022.
- HUANG, S.; HUANG, X.; BI, R.; GUO, Q.; YU, X.; ZENG, Q.; HUANG, Z.; LIU, T.; WU, H.; CHEN, Y.; XU, J.; WU, Y.; GUO, P. Detection and Analysis of Microplastics in Human Sputum. **Environ Sci Technol**, v. 56, n. 4, p. 2476-2486, 2022.
- LIU, Z.; ZHUAN, Q.; ZANG, L.; MENG, L.; FU, X.; HOU, Y. Polystyrene microplastics induced female reproductive toxicity in mice. **Journal of Hazardous Materials**, v. 424, 2022.
- NAIDOO, T.; RAJKARAN, A. Impacts of plastic debris on biota and implications for human health: A South African perspective. **South African Journal of Science**, v. 116, n. 5-6, 2020.
- PULVIRENTI, E.; FERRANTE, M.; BARBERA, N.; FAVARA, C.; AQUILIA, E.; PALELLA, M.; CRISTALDI, A.; CONTI, G.; FIORE, M. Effects of Nano and Microplastics on the Inflammatory Process: In Vitro and In Vivo Studies Systematic Review. **Front. Biosci. (Landmark Ed)**. v. 27, n.10, 2022.
- ROTCHHELL, J.M.; JENNER, L.C.; CHAPMAN, E.; BENNETT, R.T.; BOLANLE, I.O.; LOUBANI, M.; SADOFSKY, L.; PALMER, T. Detection of microplastics in human saphenous vein tissue using μ FTIR: A pilot study. **PLoS ONE**, v. 18, n. 2, 2023.
- WU, D.; LIM, B.; SEAH, I.; XIE, S.; JAEGER, J.; SYMONS, R.; HEFFERNAN, A.; CURREN, E.; LEONG, S.; RIAU, A.; LIM, D.; STAPLETON, F.; ALI, M.; SINGH, S.; TONG, L.; MEHTA,



J.; SU, X.; LIM, C. Impact of Microplastics on the Ocular Surface. *Int. J. Mol. Sci.*, v. 24, n. 4, 2023.

XIE, L.; CHEN, L.; LIU, J.; HOU, Y.; TAN, Q.; ZHANG, X.; LI, Z.; FAROOQ, T.; YAN, W.; LI, Y. intestinal flora variation reflects the short-term damage of microplastic to the intestinal tract in mice. *Ecotoxicology and Environmental Safety*, v. 246, 2022.

YANG, W.; LI, Y.; BORASCHI, D. Association between Microorganisms and Microplastics: How Does It Change the Host–Pathogen Interaction and Subsequent Immune Response? *Int. J. Mol. Sci.*, v. 24, n. 4, 2023.

ZHANG, X.; WANG, H.; PENG, J.; XIE, Z.; TANG, R.; XING, Y.; HE, Y.; YUAN, C.; LIU, Y. Effect of microplastics on nasal intestinal microbiota of the high-exposure population. *Front Public Health.*, v. 10, 2022.

RISCOS DOS METAIS PESADOS NO ORGANISMO HUMANO: UMA REVISÃO NARRATIVA

HAZARDS FROM HEAVY METALS IN THE HUMAN BODY: A NARRATIVE REVIEW

DOI: 10.51859/ampla.mas3200-3

Letícia Gabriel da Silva ¹
Gabriella Cadorin Oldoni ²
Giovana Borga Gonçalves ³
Isabela Campos Genkawa ⁴
Débora Maria Vargas Makuch ⁵
Juliana Ollé Mendes ⁶

¹ Graduanda do curso de Medicina das Faculdades Pequeno Príncipe - FPP.

² Graduanda do curso de Medicina das Faculdades Pequeno Príncipe - FPP.

³ Graduanda do curso de Medicina das Faculdades Pequeno Príncipe - FPP.

⁴ Graduanda do curso de Medicina das Faculdades Pequeno Príncipe - FPP.

⁵ Professora Mestre Adjunta do Curso de Graduação de Enfermagem das Faculdades Pequeno Príncipe – FPP.

⁶ Professora Mestre Adjunta do Curso de Graduação de Enfermagem e Medicina das Faculdades Pequeno Príncipe – FPP.

RESUMO

Os metais pesados (MPs) são cada vez mais utilizados pela humanidade devido a industrialização das sociedades, entretanto podem causar sérios efeitos à saúde humana, interferindo nas funções metabólicas e se acumulando em órgãos importantes como cérebro, coração, fígado e rins. Arsênio, chumbo, alumínio, mercúrio e cádmio são exemplos de metais pesados que podem ocasionar riscos aos humanos. O estudo teve como objetivo elencar os principais riscos ao organismo humano causados pelos metais pesados. Para a metodologia foi utilizada uma revisão narrativa baseada em estudos publicados entre 2017 e 2023. Averiguou-se que a intoxicação por MPs pode ocorrer por meio de diversas vias como contato pela pele, inalação, água e alimentos. No organismo são capazes de interagir com oxigênio, cloro, substituir elementos essenciais e induzir estresse oxidativo, podendo danificar o DNA. Ainda, é notório o potencial carcinogênico dos metais pesados através da produção de radicais livres e atenuação dos mecanismos de reparo celular.

Palavras-chave: Metais Pesados. Riscos à Saúde. Toxicidade.

ABSTRACT

Heavy metals (HMs) are increasingly used by humanity due to the industrialization of societies, however they can cause serious effects on human health, interfering with metabolic functions and accumulating in important organs such as the brain, heart, liver and kidneys. Arsenic, lead, aluminum, mercury and cadmium are examples of heavy metals that can pose risks to humans. The study aimed to list the main risks to the human body caused by heavy metals. For the methodology, a narrative review based on studies published between 2017 and 2023 was used. It was found that poisoning by HMs can occur through various routes such as skin contact, inhalation, water and food. In the body they are capable of interacting with oxygen, chlorine, replacing essential elements and inducing oxidative stress, which can damage DNA. Still, the carcinogenic potential of heavy metals through the production of free radicals and attenuation of cellular repair mechanisms is notorious.

Keywords: Heavy Metals. Health Risks. Toxicity.



1. INTRODUÇÃO

Os metais pesados (MPs) são substâncias naturalmente presentes na crosta terrestre, todavia, o crescimento exponencial de seu uso no meio industrial tem aumentado a exposição e, por conseguinte, os efeitos adversos no humano (FU; XI, 2019). Alguns metais como zinco, cobre, ferro, manganês e cobalto são necessários para o organismo, em pequenas quantidades, mas podem ser tóxicos em altas concentrações (REHMAN et al., 2017).

A intoxicação se dá por diversas vias como contato pela pele, inalação, água e alimentos. Uma vez no organismo, podem interagir com componentes como oxigênio e cloro, substituir elementos essenciais (cálcio pelo chumbo, zinco pelo cádmio, oligoelementos pelo alumínio), além de induzirem o estresse oxidativo, podendo causar dano ao DNA (FU; XI, 2019; REHMAN et al., 2017). De forma geral, interferem em processos metabólicos e causam um desequilíbrio nos agentes antioxidantes, afetando a atividade de determinadas enzimas e afeta o metabolismo de carboidratos, proteínas e lipídeos (FU; XI, 2019).

Isso ocorre em função do acúmulo dessas substâncias no cérebro, pulmões, rins, fígado, entre outros, perante um organismo incapaz de degradar altos níveis de metais pesados. Tal fator pode suscitar degeneração física, muscular e neurológica, acarretando esclerose múltipla, doença de Parkinson, doença de Alzheimer, distrofia muscular e câncer (HANFI; MOSTAFA; ZHUKOVSKY, 2019). Por isso, faz-se necessária a avaliação da toxicidade e os efeitos no organismo humano dos MPs, tais como: chumbo, níquel, bário, cádmio e cobre, os quais estão associados a efeitos neurológicos, respiratórios, cardiovasculares, pulmonar e neurodegenerativos, respectivamente.

Diante do exposto, o objetivo deste estudo foi elencar os principais riscos ao organismo humano causados pelos metais pesados.

2. MÉTODO

O presente estudo trata-se de uma revisão narrativa de literatura. Realizada a busca de estudos na base de dados eletrônica PubMed utilizando os descritores “Heavy Metals”, “Health Risks” e “Toxicity” indexadas na plataforma DeCS, com o booleano “AND”, limitando as datas de publicações de 2017 a 2023. Primeiramente, com a leitura parcial de resumos e títulos, foram selecionados um total de 21 artigos. Em seguida,

foram excluídos artigos pagos e que não abordavam o tema como esperado. Ao final, foram utilizados 10 artigos.

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os metais pesados (MPs) existem naturalmente na crosta terrestre e a há anos são utilizados pela humanidade, sendo que essa prática tem aumentado cada vez mais devido a industrialização das sociedades. Apesar da sua utilidade, os metais pesados podem causar sérios efeitos à saúde humana, interferindo nas funções metabólicas e se acumulando em órgãos importantes como cérebro, coração, fígado e rins. Os principais metais pesados que afetam a saúde humana incluem arsênico (As), chumbo (Pb), alumínio (Al), mercúrio (Hg) e cádmio (Cd) (FU; XI, 2019).

Ressalta-se que Cd, Pb, As e Hg foram listados entre as 20 principais substâncias perigosas pela Agência de Proteção Ambiental dos Estados Unidos e pela Agência de Substâncias Tóxicas e Registro de Doenças, sendo que a exposição de Hg a longo prazo, mesmo em baixas concentrações, pode ocasionar toxicidade cardiovascular, reprodutiva, neurotoxicidade, nefrotoxicidade e carcinogenicidade (QUIN et al., 2021). De acordo com Rehman et al. (2017), os MPs podem substituir elementos essenciais do corpo, como o cálcio por chumbo, zinco substituído por cádmio e a maioria dos oligoelementos são substituídos por alumínio.

Segundo Hanfi, Mostafa e Zhukovsky (2019), o Pb é transferido para o corpo humano principalmente por meio de inalação e ingestão, entrando na circulação sanguínea na forma de sais solúveis, complexos proteicos ou íons. Sua toxicidade pode afetar o desenvolvimento das crianças, causando perda de memória de curto prazo, problemas de coordenação e diminuição da capacidade de aprendizado (QUIN et al., 2021). A exposição ao chumbo durante a infância tem sido associada a comportamentos violentos, perturbadores e imprevisíveis, e adolescentes entre 12 e 18 anos que cometeram um ato delinquente foram quatro vezes mais propensos a ter concentrações ósseas elevadas de chumbo na tíbia do que não delinquentes. Já nos indivíduos idosos, o chumbo armazenado no osso é liberado devido à osteoporose que ocorre durante a descalcificação. A exposição à longo prazo a uma combinação de chumbo e cobre/ferro aumenta o risco de doença de Parkinson em duas vezes (ROCHA e TRUJILLO, 2019).

Charkiewicz e Backstrand (2020) concluíram que a exposição ao chumbo continua sendo um problema de saúde pública na Polônia, visto que a exposição ao metal pode causar efeitos bioquímicos, comportamentais e fisiológicos deletérios. Os efeitos que ocorrem no sistema nervoso periférico e central, sistema hematopoiético, sistema cardiovascular e alguns órgãos como fígado e rins são os mais perigosos. Também evidenciaram os efeitos do Pb na atividade da glicose-6-fosfato desidrogenase, demonstrando que, ao causar anemia, a integridade da membrana da hemácia pode ser afetada, o que a torna mais frágil. Já em crianças, o Pb pode levar a demência, irritabilidade, dores de cabeça, espasmos musculares, alucinações, distúrbios de memória, problemas de aprendizagem ou comportamentais.

Cabe salientar que a absorção de chumbo pelas plantas depende das propriedades do solo, das espécies e do estado fisiológico da planta. Charkiewicz e Backstrand (2020) ressaltam que a contaminação de plantas pode significar a contaminação de alimentos e conseqüentemente do corpo humano. Além disso, uma importante fonte de contaminação de alimentos pode ser por meio de processos tecnológicos e máquinas usadas na produção de alimentos. Como forma de diminuir a exposição ao chumbo e o risco de doenças associadas em todos os grupos populacionais (crianças, adultos e idosos), o estudo sugere que políticas públicas como, programas de intervenção de saúde, devem ser desenvolvidas e implementadas.

Além disso, Ebrahimi et al. (2020), aponta que chumbo e cádmio podem danificar o sistema imunológico afetando as respostas imunes inata e adaptativa e a produção de citocinas. Podem levar ao aumento de interleucina (IL)-10 e fator de necrose tumoral- γ (TNF- γ), sendo que estudos recentes apontam que esses metais podem ter função carcinogênica e estrogênica.

Sobre o níquel (Ni), Rehman et al. (2017) diz que sua exposição inalatória crônica pode levar principalmente a distúrbios do sistema respiratório, como pneumoconiose e asma. E, que em estudos experimentais com ratos, foi observado a incidência de fibrose miocárdica, degeneração de tecido hepático e hipertrofia das células de Kupffer após exposição ao Ni.

O bário (Ba) pode ser transmitido ao organismo humano por meio da respiração, ingestão ou vetores dérmicos de exposição, sendo acumulado nos dentes, ossos, coração, rim, pulmão e fígado. Quando acumulado em altos níveis, pode ser causador



em potencial de doenças cardiovasculares, distúrbios gastrointestinais e fraqueza muscular (VAHIDINIA et al., 2018).

Ainda, segundo Qin et al. (2021?) o arsênico (As) leva à queda severa de cabelo. A intoxicação aguda por As, pode resultar principalmente em síndrome gastrointestinal aguda e síndrome paralítica aguda (REHMAN et al., 2017).

No que se diz respeito as gestantes, os MPs podem ser acumulados em várias partes do corpo e serem transferidos para o feto principalmente através da placenta, o que pode levar a danos como aborto, morte intrauterina, paralisia cerebral e comprometimento cognitivo no feto. A transmissão também pode ocorrer através do leite materno, sendo que em um estudo foi possível identificar que todas as amostras de leite materno recolhidas continham mercúrio, bário e chumbo. Nas amostras, foram encontradas maiores quantidades de Pb no leite materno em relação aos outros metais, isso pode ter ocorrido pelo fato do Pb ser armazenado nos ossos da mãe por um período mais longo, e durante a lactação, devido a renovação óssea aumentada, o Pb é liberado no leite materno e no sangue junto com o cálcio. Ainda foi possível analisar com o estudo que as lactantes que usavam batom tiveram uma concentração média de Pb significativamente maior em seu leite em comparação com aquelas que não usavam (VAHIDINIA et al., 2018).

Rehman et al. (2017), avaliou que a inalação de vapores contendo Cd pode ser danoso ao sistema respiratório, levando a falta de ar, rompimento das membranas mucosas, edema pulmonar e alterações nas ultraestruturas pulmonares. O Cd pode ainda entrar no ciclo entero-hepático como conjugado cádmio glutathiona após ser secretado no trato biliar. Quando exposto por longos períodos, pode apresentar efeitos adversos cerebrais, como evidenciado por estudos que observaram alterações comportamentais e na capacidade de aprendizado. Ainda, no estudo de Genchi et al. (2020) foram relatados estudos que mostraram uma associação entre a exposição ao Cd e doença coronariana, acidente vascular cerebral, doença arterial periférica e alterações aterogênicas no perfil lipídico. Sendo o cádmio um carcinógeno humano comprovado, grupo I da classificação da Agência Internacional de Pesquisa em Câncer. A exposição a níveis baixos de Cd pode levar a danos renais, hepáticos, ósseos, cardiovasculares e levar a deterioração da visão e da audição. Ainda pode induzir alterações da esteroidogênese,



causando distúrbios do ciclo menstrual, atraso na puberdade e menarca e abortos (GENCHI et al., 2020)

Tarnacka; Jopowicz; Maślińska (2021) avaliaram problemas neurológicos e psiquiátricos que podem estar associados com a exposição ao cobre, ferro e manganês. O estudo ressalta a importância do ferro (suporte do sistema imunológico, desenvolvimento cognitivo, força muscular) e manganês (mielinização, pigmentação da pele, metabolismo do oxigênio) para o corpo humano. No entanto, esses mesmos metais também possuem importante função na patologia de desordens psiconeurológicas, algumas das doenças que podem estar associadas são, esclerose lateral amiotrófica e depressão.

Adicionalmente, Rocha e Trujillo (2019), sugerem que estudos que avaliem a exposição a diferentes concentrações de chumbo são necessários para melhor entender os mecanismos de ação deste metal neurotóxico. O Centro de Controle e Prevenção de Doenças (CDC) vem, desde 1991, reduzindo os limites de concentração considerados seguros para exposição ao metal. Desde 1991 até os dias atuais, as concentrações foram reduzidas de 10 µg/dL para 3,5 µg/dL. Os autores concluem que níveis tão baixos quanto 2,5 µg/dL tem produzido diminuições nas funções cognitivas.

A bioacumulação de metais pesados no corpo humano pode causar o desenvolvimento de doenças. Por isso, estudos que correlacionam os níveis destas substâncias com diversos tipos de câncer, são comumente encontrados na literatura. Ebrahimi et al. (2020), concluíram que o cádmio e o chumbo podem ser carcinogênicos por induzirem alterações nas células imunes, o que conseqüentemente, altera os níveis dos marcadores inflamatórios. Apesar de alguns estudos sugerirem uma associação positiva entre os níveis dos metais e vários tipos de cânceres, resultados inconclusivos foram obtidos, já que outros estudos não encontraram qualquer relação entre metais e cânceres. Desta forma, estudos em maior escala devem ser realizados para fornecer informações sobre a toxicidade de metais pesados em humanos.

Outros estudos também abordam a temática dos danos por metais pesados relacionados ao câncer. Genchi et al. (2020) concluem que a exposição crônica ao cádmio, introduzido no ambiente a partir do desenvolvimento das indústrias e novas tecnologias, e o fato de estar presente na água, alimentos, em cigarros e em tintas industriais pode estar associada com carcinogênese. Isso está relacionado com a



identificação da relação desse metal pesado com a indução de alterações epigenéticas nas células de mamíferos. Além disso, após a exposição ao cádmio há um aumento na produção de EROs (espécies reativas de oxigênio), o que pode ocasionar dano oxidativo para várias moléculas, como ácidos nucleicos, enzimas e fosfolipídios de membrana. Essa produção de EROs também é responsável por gerar danos ao DNA e pode influenciar negativamente nos mecanismos de reparo do ácido desoxirribonucleico. Os danos podem ser vistos também na parte reprodutiva, tanto em homens quanto em mulheres e aqueles gerados pela bioacumulação de metais pesados podem ser encontrados em sistemas do corpo humano, como por exemplo, o sistema nervoso.

Fu e Xi (2019) indicam que a atividade de diferentes hormônios e a função de enzimas indispensáveis também são afetadas por metais pesados. Mudanças no metabolismo de carboidratos, proteínas e lipídios deixam o corpo suscetível a infecções. Esses mecanismos estão relacionados com a liberação de radicais livres no corpo pelos metais pesados, os quais podem inibir o potencial mitocondrial e causar apoptose, por conta da liberação de citocromo C.

4. CONCLUSÃO

Conclui-se que os metais pesados podem causar efeitos tóxicos ao corpo humano, desde a concepção até a vida adulta. Consoante a isso, por meio da ingestão ou inalação de partículas tóxicas, o organismo humano pode apresentar prejuízo no sistema nervoso central e periférico, sistema hematopoiético e sistema cardiovascular. Além disso, órgãos importantes para a homeostasia corporal, como fígado e rins, são afetados negativamente.

Ademais, a fisiologia reprodutiva feminina e masculina e as funções psiconeurológicas podem ser afetadas, bem como ocorrer a perda da atividade de diferentes hormônios e a deleção da função de enzimas indispensáveis para a regulação corporal. Outrossim, é notória a associação entre os metais pesados e a carcinogênese, através da produção de radicais livres, de danos no DNA e atenuação dos mecanismos de reparo celular.

Sendo assim, é necessário o desenvolvimento de políticas públicas que visam diminuir a exposição humana a metais pesados, associadas a estudos mais aprofundados e detalhados sobre a problemática em questão.



REFERÊNCIAS

- CHARKIEWICZ, Angelika Edyta; BACKSTRAND, Jeffrey R.. Lead Toxicity and Pollution in Poland. **International Journal Of Environmental Research And Public Health**, [S.L.], v. 17, n. 12, p. 4385, 18 jun. 2020. MDPI AG. <http://dx.doi.org/10.3390/ijerph17124385>.
- EBRAHIMI, Maryam; KHALILI, Neda; RAZI, Sepideh; KESHAVARZ-FATHI, Mahsa; KHALILI, Nastaran; REZAEI, Nima. Effects of lead and cadmium on the immune system and cancer progression. **Journal Of Environmental Health Science And Engineering**, [S.L.], v. 18, n. 1, p. 335-343, 17 fev. 2020. Springer Science and Business Media LLC. <http://dx.doi.org/10.1007/s40201-020-00455-2>.
- FU, Zhushan; XI, Shuhua. The effects of heavy metals on human metabolism. **Toxicology Mechanisms And Methods**, [S.L.], v. 30, n. 3, p. 167-176, 17 dez. 2019. Informa UK Limited. <http://dx.doi.org/10.1080/15376516.2019.1701594>.
- GENCHI, Giuseppe; SINICROPI, Maria Stefania; LAURIA, Graziantonio; CAROCCI, Alessia; CATALANO, Alessia. The Effects of Cadmium Toxicity. **International Journal Of Environmental Research And Public Health**, [S.L.], v. 17, n. 11, p. 3782, 26 maio 2020. MDPI AG. <http://dx.doi.org/10.3390/ijerph17113782>.
- HANFI, Mohamed; MOSTAFA, Y. A; ZHUKOVSKY, Michael V. Heavy metal contamination in urban surface sediments. **Environmental Monitoring and Assessment**, [S.L.], v. 192, p. 327-345, 11 dez. 2019. Springer Science and Business Media LLC. <http://dx.doi.org/10.1007/s10661-019-7947-5>.
- QIN, Guowei; NIU, Zhaodong; YU, Jiangdong; LI, Zhuohan; MA, Jiaoyang; XIANG, Ping. Soil heavy metal pollution and food safety in China: effects, sources and removing technology. **Chemosphere**, [S.L.], v. 267, p. 129205, mar. 2021. Elsevier BV. <http://dx.doi.org/10.1016/j.chemosphere.2020.129205>.
- REHMAN, Kanwal; FATIMA, Fiza; WAHEED, Iqra; AKASH, Muhammad Sajid Hamid. Prevalence of exposure of heavy metals and their impact on health consequences. **Journal Of Cellular Biochemistry**, [S.L.], v. 119, n. 1, p. 157-184, 2 ago. 2017. Wiley. <http://dx.doi.org/10.1002/jcb.26234>.
- ROCHA, Angelica; TRUJILLO, Keith A.. Neurotoxicity of low-level lead exposure: history, mechanisms of action, and behavioral effects in humans and preclinical models. **Neurotoxicology**, [S.L.], v. 73, p. 58-80, jul. 2019. Elsevier BV. <http://dx.doi.org/10.1016/j.neuro.2019.02.021>.
- TARNACKA, Beata; JOPOWICZ, Anna; MAŚLIŃSKA, Maria. Copper, Iron, and Manganese Toxicity in Neuropsychiatric Conditions. **International Journal Of Molecular Sciences**, [S.L.], v. 22, n. 15, p. 7820, 22 jul. 2021. MDPI AG. <http://dx.doi.org/10.3390/ijms22157820>.



VAHIDINIA, Aliasghar; SAMIEE, Fateme; FARADMAL, Javad; RAHMANI, Alireza; JAVAD, Masoumeh Taravati; LEILI, Mostafa. Mercury, Lead, Cadmium, and Barium Levels in Human Breast Milk and Factors Affecting Their Concentrations in Hamadan, Iran. **Biological Trace Element Research**, [S.L.], v. 187, n. 1, p. 32-40, 26 abr. 2018. Springer Science and Business Media LLC. <http://dx.doi.org/10.1007/s12011-018-1355-5>.

ATIVIDADES INSETICIDAS DO MONOTERPENO CARVACROL SOBRE O *Aedes aegypti*: UMA REVISÃO BIBLIOGRÁFICA INTEGRATIVA

INSECTICIDE ACTIVITIES OF CARVACROL MONOTERPEN ON *Aedes
aegypti*: AN INTEGRATIVE BIBLIOGRAPHIC REVIEW

DOI: 10.51859/amplla.mas3200-4

Irineu Ferreira da Silva Neto ¹

Ana Karoline Bento Maia ²

Ana Paula Pinheiro da Silva ³

Estelita Lima Cândido ⁴

Saulo Relison Tintino ⁵

Francisco Roberto de Azevedo ⁶

¹Farmacêutico, Mestrando em Desenvolvimento Regional Sustentável na Universidade Federal do Cariri. Especialista em Farmácia Clínica e Hospitalar pela Faculdade Futura.

²Agrônoma, Mestranda em Desenvolvimento Regional Sustentável na Universidade Federal do Cariri.

³Profissional de Educação Física, Mestranda em Desenvolvimento Regional Sustentável na Universidade Federal do Cariri. Especialista em Saúde Coletiva pela Universidade Regional do Cariri.

⁴Professora Adjunta da Faculdade de Medicina da Universidade Federal do Cariri – UFCA. Docente permanente dos programas de Pós-graduação: Mestrado Profissional em Saúde da Família da Rede Nordeste de Formação em Saúde da Família – RENASF; Desenvolvimento Regional Sustentável – UFCA e Ciências da Saúde – UFCA.

⁵Professor Substituto da Universidade Regional do Cariri – URCA. Docente colaborador do programa de Pós-graduação: Mestrado e Doutorado acadêmico em Química Biológica – URCA.

⁶Professor titular da Universidade Federal do Cariri – UFCA. Docente dos programas de Pós-graduação: Desenvolvimento Regional Sustentável – UFCA e Ciências da Saúde – UFCA.

RESUMO

Nas últimas décadas o controle do *Aedes aegypti* focado no uso de inseticidas sintéticos tem perdido sua efetividade. Dessa forma, métodos alternativos estão sendo investigados para o controle desse vetor, dentre eles, destaca-se o monoterpeno carvacrol, o qual tem demonstrado resultados promissores. Nesse contexto, o presente estudo teve como objetivo realizar uma revisão bibliográfica integrativa sobre as propriedades inseticidas do carvacrol sobre este vetor. Para isto, realizou-se uma busca na base de dados PubMed (*National Library of Medicine*), utilizando os descritores: "Carvacrol" e "*Aedes aegypti*", combinados pelo operador booleano AND. Selecionou-se estudos disponíveis na íntegra no idioma inglês, caracterizando-se como descritivos, exploratórios ou experimentais, com conteúdo

relativo ao objetivo do estudo, sendo eles publicados entre 2019 e março de 2023. Em contrapartida, excluiu-se revisões de literatura. A partir da análise dos dados, constatou-se que o carvacrol possui atividades inseticidas e insetistáticas significativas, fato constatado por meio de experimentos laboratoriais e computacionais. Ressalta-se, ainda, que a maioria dos estudos foram realizados com óleos essenciais, requerendo novas pesquisas com o composto de maneira isolada para avaliar sua efetividade de forma mais precisa e controlada. A literatura aponta ainda que, utilizar monoterpenos associados a outros fitoquímicos potencializa as ações inseticidas destes compostos. Portanto, é de grande valia que novas pesquisas sejam realizadas com a finalidade de preencher a lacuna no que diz respeito a utilização do carvacrol no controle do



A. aegypti e seu potencial modulador de substâncias.

Palavras-chave: Mosquito da dengue. Arboviroses. Compostos secundários.

ABSTRACT

In recent decades, the control of *Aedes aegypti* focused on the use of synthetic insecticides has lost its effectiveness. Thus, alternative methods are being investigated for the control of this vector, among them, the monoterpene carvacrol stands out, which has shown promising results. In this context, the present study aimed to perform an integrative literature review on the insecticidal properties of carvacrol on this vector. For this, a search was carried out in the PubMed database (National Library of Medicine), using the descriptors: "Carvacrol" and "Aedes aegypti", combined by the Boolean AND operator. Studies available in full in English were selected, characterized as descriptive,

exploratory or experimental, with content related to the purpose of the study, published between 2019 and March 2023. On the other hand, literature reviews were excluded. From data analysis, it was found that carvacrol has significant insecticidal and insectistatic activities, a fact verified through laboratory and computational experiments. It should also be noted that most studies were carried out with essential oils, requiring further research with the compound in isolation to assess its effectiveness in a more precise and controlled manner. The literature also points out that using monoterpenes associated with other phytochemicals enhances the insecticidal actions of these compounds. Therefore, it is of great value that new research be carried out with the purpose of filling the gap regarding the use of carvacrol in the control of *A. aegypti* and its potential modulator of substances.

Keywords: Dengue mosquito. Arboviruses. Secondary compounds.

1. INTRODUÇÃO

O mosquito *Aedes aegypti* (Diptera: Culicidae) originou-se no Egito e distribuiu-se amplamente em regiões de clima tropical e subtropical. Este, por sua vez, apresenta metamorfose completa, desde os estádios imaturos de ovo, larva e pupa, até o próprio mosquito adulto (SILVÉRIO et al., 2020). No Brasil, consiste no vetor mais prevalente quanto à transmissão de vírus causadores de arboviroses, como dengue, zika, chikungunya e febre amarela. Seu ciclo é quase que completamente dependente de ambientes criados por humanos, sofrendo influência também de mudanças e flutuações climáticas (FERREIRA; NETO; MONDINI, 2018).

Com a falta de tratamento e vacinas seguras e eficazes ainda em fase testes contra *estas arboviroses*, estratégias são, prioritariamente, elaboradas visando o combate ao vetor. Nesse sentido, o controle vetorial por meio do uso de inseticidas químicos sintéticos consiste no principal método para a prevenção e manejo de doenças transmitidas por mosquitos. Em contrapartida, estes apresentam diversos impactos negativos para o meio ambiente e a saúde da população. Além disso, sua desvantagem vem sendo agravada pela evolução generalizada da resistência aos inseticidas em

determinadas populações de vetores (MURITI et al., 2017; AMELIA-YAP et al., 2018; BRASIL, 2023).

Com base nesse cenário, a ciência vem buscando alternativas derivadas de produtos naturais para minimizar os efeitos negativos associados à resistência aos inseticidas e que sejam sustentáveis. Dessa forma, fitoquímicos das classes dos monoterpenos apresentam características promissoras, em especial, o carvacrol, um composto fenólico obtido a partir do metabolismo secundário de alguns vegetais, o qual já demonstrou efeitos benevolentes no gerenciamento de diversos vetores, como: *Anopheles stephensi* (Diptera: Culicidae), *Anopheles subpictus* (Diptera: Culicidae), *Culex quinquefasciatus* (Diptera: Culicidae), *Culex tritaeniorhynchus* (Diptera: Culicidae) e *A. aegypti* (GOVINDARAJAN et al., 2016; SILVA et al., 2017; YOUSSEFI et al., 2019).

Seu mecanismo de ação sobre *A. aegypti* ainda está em investigação, mas já se sabe que o carvacrol atua como um inseticida botânico de ação neurotóxica, potencializando os canais de cloreto controlados por ligantes no sistema nervoso central do inseto. Além disso, pode agir inibindo a enzima acetilcolinesterase, podendo estar associado à sua natureza lipofílica a qual facilita a interferência em funções metabólicas, bioquímicas, fisiológicas e comportamentais (GOVINDARAJAN et al., 2016; CASTILLO et al., 2023). Dessa forma, esse fitoquímico apresenta resultados promissores, tornando-o um potente candidato para ser empregado no controle de vetores de interesse epidemiológico (HUANG et al., 2020; KYTHREOTI et al., 2021).

Portanto, devido à necessidade de elucidar novos compostos com aplicabilidade no controle do *A. aegypti*, os quais sejam ambientalmente seguros e se adequem no rol da sustentabilidade, tratando-se de segurança, novas pesquisas devem investigar os inseticidas botânicos fornecendo mais informações sobre sua toxicidade, componentes e mecanismos de ação (DUQUE et al., 2023). Assim, é de grande valia investigar os efeitos do carvacrol a fim de identificar suas atividades com uma visão ampliada e, a partir de então, buscar usufruí-las de maneira consciente e embasada.

Nesse contexto, o presente estudo teve como objetivo realizar uma revisão bibliográfica integrativa sobre as propriedades biológicas do carvacrol sobre o vetor *A. aegypti*.



2. METODOLOGIA

Trata-se de um estudo de revisão bibliográfica integrativa. A presente pesquisa utilizou-se de uma vasta busca por estudos científicos na base de dados PubMed (*National Library of Medicine*), utilizando os descritores: "Carvacrol" e "*Aedes aegypti*", combinados pelo operador booleano *AND*, com o objetivo de refinar a busca dos estudos a qual ocorreu no mês de abril de 2023.

Dentre os critérios de inclusão, delimitou-se: estudos disponíveis na íntegra no idioma inglês, caracterizando-se como descritivos, exploratórios ou experimentais, com conteúdo relativo ao objetivo do estudo, sendo eles publicados entre 2019 e março de 2023. Em contrapartida, como critério de exclusão, excluiu-se revisões de literatura.

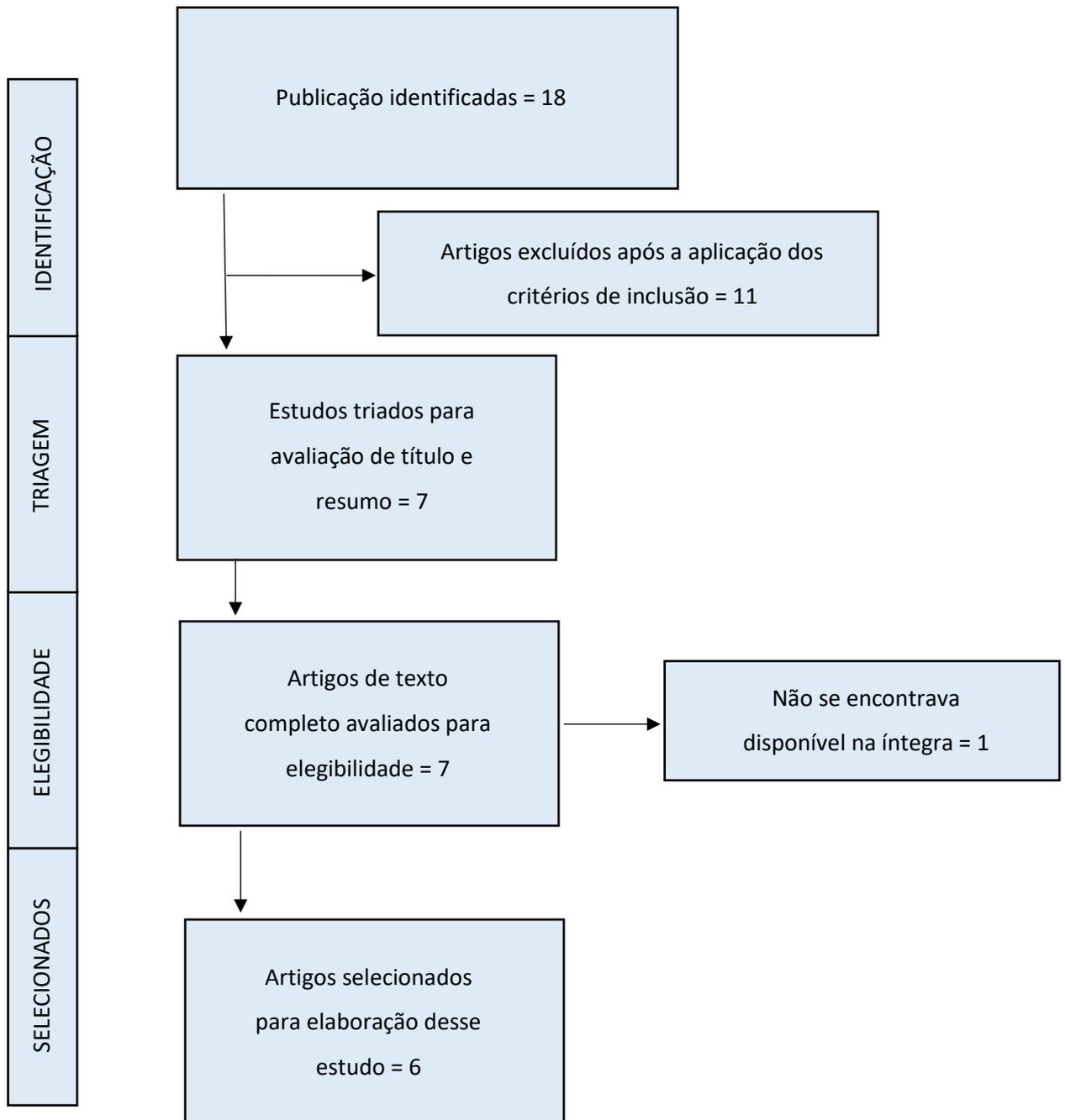
No processo de seleção, inicialmente, foram aplicados os critérios de inclusão e exclusão, buscando aqueles que apresentavam indícios das atividades inseticidas do carvacrol sobre o *A. aegypti*. Em seguida, os artigos foram avaliados por meio da leitura dos títulos e resumos. Posteriormente, avaliou-se a elegibilidade, seguindo da seleção dos estudos.

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Foram identificados 18 estudos na base de dados, evidenciados por meio da combinação dos descritores. Após exclusão dos estudos repetidos e daqueles que não atendiam aos critérios de inclusão restaram seis pesquisas, as quais foram de grande relevância para a construção do estudo. Na Figura 1, pode-se visualizar o fluxograma de seleção dos estudos incluídos para síntese desta revisão de literatura.



Figura 1. Fluxograma de seleção dos estudos incluídos na revisão.



Fonte: Autoria própria, 2023.

Em suma, as pesquisas selecionadas centraram-se em avaliações inseticidas e repelentes do carvacrol, utilizando experimentos laboratoriais e computacionais. Ressalta-se, ainda, que a maioria dos estudos foram realizados com óleos essenciais, requerendo novas pesquisas com o composto de maneira isolada para avaliar sua efetividade de maneira mais precisa e controlada. Dos seis estudos selecionados quatro



deles investigaram a atividade larvívica do carvacrol, um a atividade repelente e um ambas as propriedades supracitadas.

As principais informações dos estudos selecionados foram sintetizadas e apresentadas em duas tabelas em ordem cronológica decrescente.

Na Tabela 1 apresentam-se os estudos que realizaram a investigação do carvacrol de maneira isolada. Já na Tabela 2, pode-se visualizar pesquisas que utilizaram óleos essenciais e, em sua fitoconstituição, estava presente o carvacrol como um dos compostos majoritários.

Tabela 1. Síntese dos estudos que investigaram o efeito do carvacrol de maneira isolada contra *Aedes aegypti*.

Autor/ano	Objetivo	CL ₅₀ do carvacrol	Principais resultados
CASTILLO et al., 2023	Desenvolver um estudo quantitativo estrutural-atividade e triagem molecular para a busca e desenho de novos agentes larvívicos.	8,8 µg/mL	Dos 25 compostos avaliados, o carvacrol apresentou a maior atividade larvívica. Essa propriedade foi atribuída especialmente a interação do fitoquímico com a proteína transportadora de esteróis do <i>A. aegypti</i> .
DHINAKARAN; MATHEW; MUNUSAMY, 2019	Avaliar a atividade larvívica de quatro monoterpenos isoladamente e suas associações.	48,5 µg/mL	A partir da análise dos dados constatou-se que o carvacrol apresentou atividade larvívica sobre o <i>A. aegypti</i> . Além disso, ao investigar a interação sinérgica com outros compostos demonstrou-se efeito promissor, potencializando seu efeito.

Fonte: Dados da pesquisa, 2023.

Tabela 2. Síntese dos estudos que investigaram o efeito do carvacrol utilizando óleos essenciais contra *Aedes aegypti*.

Autor/ano	Objetivo	Espécie estudada	Concentração do carvacrol	Principais resultados
IQBAL et al., 2023	Avaliar o potencial repelente de óleos essenciais sobre fêmeas do <i>A. aegypti</i> .	<i>Origanum vulgare</i> (Lamiaceae)	0,2	A partir das análises experimentais realizadas, o estudo expõe o potencial desse óleo essencial como uma alternativa aos produtos químicos sintéticos para proteger os humanos das picadas de mosquito.
DUQUE et al., 2023	Caracterizar os componentes dos	<i>Lippia origanoides</i>	0,35	Constatou-se que os compostos estudados

Autor/ano	Objetivo	Espécie estudada	Concentração do carvacrol	Principais resultados
	óleos essenciais derivados das partes vegetativas e sua atividade larvicida sobre o <i>A. aegypti</i> .	Kunth. (Verbenaceae)		Incluindo o carvacrol, apresentaram atividade larvicida potente, sendo que essa atividade foi associada ao rompimento da cadeia de transporte de elétrons através dos complexos proteicos mitocondriais e também sobre a atividade da enzima acetilcolinesterase.
SEMERDJIEVA et al., 2020	Avaliar a variabilidade do teor e composição do óleo essencial de <i>Satureja pilosa</i> e investigá-los quanto a sua atividade larvicida e repente.	<i>Satureja pilosa</i> Velen. (Lamiaceae)	52,4 a 93%	Cinco diferentes quimiotipos exibiram atividade larvicida e repelente sobre o <i>A. aegypti</i> , incluindo o carvacrol, podendo ser utilizado para o desenvolvimento de novos produtos para o controle de mosquitos de um modo geral.
HUANG et al., 2019	Caracterizar componentes de óleos essenciais e avaliar sua atividade larvicida sobre vetores biológicos.	<i>Plectranthus amboinicus</i> (Lour.) Spreng (Lamiaceae)	0,6153	O óleo essencial investigado apresentou atividades larvicidas, inclusive sobre o <i>A. aegypti</i> , efeito este atribuído aos seus constituintes. Portanto, poderá contribuir para incorporação de óleos essenciais no manejo integrado de vetores.

Fonte: Autoria própria, 2023.

Figura 2. Distribuição do número de estudos retornados, publicados entre o período de 2019 a março de 2023, na base de dados PubMed.



Fonte: Autoria própria, 2023.

Identifica-se que, no recorte temporal delimitado pelo estudo, houve duas publicações referentes à temática em 2019, uma em 2020 e três em 2023, conforme pode ser visualizado na Figura 2. Dessa forma, pode-se inferir que essa temática vem ganhando destaque na comunidade científica, o que ressalta a importância dessa publicação, tanto para atualizar os dados sobre a temática, quanto para instigar o desenvolvimento de pesquisas nesse âmbito.

No que tange a concentração letal média (CL_{50}), houve variação de 8,8 a 48,5 $\mu\text{g/mL}$, o que expressa uma discrepância considerável, no entanto, estas podem ser justificadas pelas diferentes metodologias utilizadas por ambos os estudos. Já em relação à concentração do composto em óleos essenciais, os percentuais variaram de 20 a 93%. Dessa forma, é imprescindível buscar vegetais que possuam maiores rendimentos objetivados a utilizá-los em sua totalidade, uma vez que podem sofrer interferência de condições ambientais e climáticas.

Quanto as espécies vegetais estudadas contendo o carvacrol em sua composição, evidenciou-se que três delas pertencem à família Lamiaceae e uma a família Verbenaceae. Nesse contexto, pode-se inferir que vegetais da família Lamiaceae possuem abundância em monoterpenos promissores para serem empregados no controle de vetores, inclusive uma rica fonte de carvacrol.

Na pesquisa de Castillo et al., (2023), ao utilizarem modelos QSAR (*Quantitative Structure-Activity Relationships*) e estudos de docking molecular, evidenciou-se que o carvacrol, assim como outros terpenos, apresentam grupos epóxidos em sua estrutura que dificultam a atividade larvicida, no entanto, a lipofilicidade desempenha um papel crucial no aumento da propriedade biológica. Portanto, essas informações apresentadas contribuem para descrever as características moleculares, topológicas e mecânicas quânticas atribuídas aos monoterpenos e seus derivados, contribuindo significativamente para seu uso no controle do *A. aegypti*.

Já Duque et al., (2013), utilizando bioensaios, análises bioquímicas e testes *in silico*, constataram que o óleo essencial do vegetal *Lippia origanoides* Kunth. (Verbenaceae) possui um quimiotipo carvacrol potente no que diz respeito à atividade larvicida sobre o *A. aegypti*, apresentando efeitos mais significativos do que o inseticida fosforado temefós. Dessa forma, devido à abrangência de propriedades biológicas,



amplo espectro de ação, baixa toxicidade e rápida degradação ambiental, torna-se uma alternativa atraente em novas formulações de inseticidas botânicos.

Não obstante, Dhinakaran et al., (2019), evidenciou que todos os monoterpenos estudados, a saber: γ -terpineno, R-(+)-limoneno, carvacrol e trans-anetol apresentaram atividade larvicida. Além disso, ao investigarem as combinações binárias, constataram interações sinérgicas tratando-se do carvacrol e trans-anetol, com base no fator de cotoxicidade, sugerindo que estas podem ser associadas para obter resultados positivos em proporções corretas no combate ao *A. aegypti*.

Do mesmo modo, Huang et al., (2019) realizaram ensaios de atividade larvicida sobre o *A. aegypti*, *A. albopictus* e *C. quinquefasciatus*, com óleos essenciais de quatro plantas herbáceas. Em seu estudo evidenciou-se que as espécies vegetais pesquisadas exibiram efeito larvicida sobre todos os mosquitos avaliados, especialmente *Plectranthus amboinicus* (Lour.) Spreng (Lamiaceae). E, embora o carvacrol tenha apresentado predominância nesta espécie, seus precursores γ -terpineno e p-cimeno exibiram a maior atividade larvicida sobre *A. aegypti*.

Partindo do mesmo pressuposto, Semerdjieva et al., (2020) avaliaram a composição do óleo essencial de *Satureja pilosa* Velen. (Lamiaceae) em 33 locais na Bulgária por meio de métodos estatísticos e análise de Cluster. Nesta espécie vegetal, identificou-se que os constituintes majoritários são da classe de monoterpenos, sendo os principais timol e carvacrol. Assim, ao investigá-los quanto às suas propriedades larvicidas e repelentes sobre o *A. aegypti*, constatou-se resultados promissores, demonstrando a necessidade de mais pesquisas que venham a elucidar todas as suas atividades inseticidas sobre o vetor, bem como seu mecanismo de ação.

Diferentemente dos demais autores estudados Iqbal et al., (2023) avaliou a atividade repelente de óleos essenciais, extraídos por destilação a vapor. Nesse contexto, identificou a composição por meio de cromatografia gasosa associada à espectrometria de massas e, dentre as espécies estudadas, *Origanum vulgare* (Lamiaceae) apresentou como composto majoritário o carvacrol, sendo este associado à sua potente ação repelente na dosagem de 165 $\mu\text{g}/\text{cm}^2$. Portanto, esses achados sugerem que os fitoquímicos possuem também efeitos promissores quanto à proteção contra os mosquitos adultos de *A. aegypti*.



4. CONSIDERAÇÕES FINAIS

O carvacrol apresenta atividades larvicidas e repelentes sobre o vetor *A. aegypti*, sendo que essas propriedades são atribuídas a diferentes mecanismos de ação, dentre eles a interação com proteína transportadora de esteróis, rompimento da cadeia de transporte de elétrons, através dos complexos proteicos mitocondriais, bem como, por meio da inibição da atividade da enzima acetilcolinesterase.

Apesar de poucos estudos utilizando o composto isoladamente, estes mostram-se promissores. A literatura aponta ainda que, utilizar monoterpenos associados a outros fitoquímicos potencializam seus efeitos inseticidas, necessitando de novas investigações a fim de elucidar a sinergia desses compostos completamente, e assim usufruí-las de maneira racional.

Dentre as limitações encontradas pelo estudo, destaca-se a pequena quantidade de pesquisas presentes na literatura dentro do recorte temporal investigado e base de dados selecionada, fato que impossibilita conclusões mais precisas devido ao tamanho da amostra estudada. Portanto, é de grande valia que novos estudos sejam realizados com a finalidade de preencher a lacuna a respeito da utilização do carvacrol no controle do *A. aegypti*.

REFERÊNCIAS

- AMELIA-YAP, Z. H. et al. Pyrethroid resistance in the dengue vector *Aedes aegypti* in Southeast Asia: present situation and prospects for management. **Parasites & vectors**, v. 11, n. 1, p. 1-17, 2018.
- BRASIL. Agência Nacional de Vigilância Sanitária. **Resolução RE nº 661, de 2 de março de 2023**. Dispõe da aprovação do registro da vacina Qdenga, 2023. Disponível em: <https://www.in.gov.br/en/web/dou/-/resolucao-re-n-661-de-2-de-marco-de-2023-467449608>. Acesso em: 29 de abr. 2023.
- CASTILLO, A. U. C. et al. Terpenic Constituents of Essential Oils with Larvicidal Activity against *Aedes aegypti*: A QSAR and Docking Molecular Study. **Molecules**, v. 28, n. 6, p. 2454, 2023.
- DHINAKARAN, S. R.; MATHEW, N.; MUNUSAMY, S. Synergistic terpene combinations as larvicides against the dengue vector *Aedes aegypti* Linn. **Drug development research**, v. 80, n. 6, p. 791-799, 2019.



- DUQUE, J. E. et al. Insecticidal activity of essential oils from American native plants against *Aedes aegypti* (Diptera: Culicidae): an introduction to their possible mechanism of action. **Scientific Reports**, v. 13, n. 1, p. 2989, 2023.
- FERREIRA, A. C.; NETO, F. C.; MONDINI, A. Dengue em Araraquara, SP: epidemiologia, clima e infestação por *Aedes aegypti*. **Revista de Saúde Pública**, v. 52, n. 18, p. 1-10, 2018.
- GOVINDARAJAN, M. et al. Larvicidal potential of carvacrol and terpinen-4-ol from the essential oil of *Origanum vulgare* (Lamiaceae) against *Anopheles stephensi*, *Anopheles subpictus*, *Culex quinquefasciatus* and *Culex tritaeniorhynchus* (Diptera: Culicidae). **Research in Veterinary Science**, v. 104, n. 1, p. 77-82, 2016.
- HUANG, H. T. et al. Phytochemical composition and larvicidal activity of essential oils from herbal plants. **Planta**, v. 250, n. 1, p. 59-68, 2019.
- HUANG, Y. et al. Chemical composition and larvicidal activity against *Aedes* mosquitoes of essential oils from *Arisaema fargesii*. **Pest management science**, v. 76, n. 2, p. 534-542, 2020.
- KYTHREOTI, G. et al. Volatile allosteric antagonists of mosquito odorant receptors inhibit human-host attraction. **Journal of Biological Chemistry**, v. 296, n. 1, p. 1-14, 2021.
- IQBAL, S. et al. Essential oils of four wild plants inhibit the blood seeking behaviour of female *Aedes aegypti*. **Experimental parasitology**, v. 244, n. 1, p. 108-124, 2023.
- MUTURI, E. J. et al. Combined toxicity of three essential oils against *Aedes aegypti* (Diptera: Culicidae) larvae. **Journal of Medical Entomology**, v. 54, n. 6, p. 1684-1691, 2017.
- SEMERDJIEVA, I. B. et al. Essential oil yield and composition of the Balkan endemic *Satureja pilosa* Velen.(Lamiaceae). **Molecules**, v. 25, n. 4, p. 827, 2020.
- SILVA, V. B. et al. Synthesis and chemometrics of thymol and carvacrol derivatives as larvicides against *Aedes aegypti*. **Journal of arthropod-borne diseases**, v. 11, n. 2, p. 315, 2017.
- YOUSSEFI, M. R. et al. Efficacy of two monoterpenoids, carvacrol and thymol, and their combinations against eggs and larvae of the West Nile vector *Culex pipiens*. **Molecules**, v. 24, n. 10, p. 1867, 2019.



CONSUMO IRRESPONSÁVEL E DESTINAÇÃO FINAL INADEQUADA DOS RESÍDUOS: UMA REVISÃO NARRATIVA

IRRESPONSIBLE CONSUMPTION AND INADEQUATE FINAL DISPOSAL OF WASTE: A NARRATIVE REVIEW

DOI: 10.51859/amplla.mas3200-5

Maria das Dôres Milena de Sousa Leite ¹
Diego Coelho do Nascimento ²
Ana Paula Pinheiro da Silva ³
Rayanne Bezerra de Melo ⁴
Alania Maria Leal Gouveia ⁵
Estelita Lima Cândido ⁶

¹Bacharel em Engenharia Ambiental. Mestranda em Desenvolvimento Regional Sustentável (PRODER) na Universidade Federal do Cariri (UFCA). Bolsista CAPES/BRASIL.

² Doutor em Geografia. Docente permanente do Programa de Pós-graduação em Desenvolvimento Regional Sustentável – PRODER da UFCA. Bolsista de Produtividade em Pesquisa da FUNCAP.

³ Mestranda em Desenvolvimento Regional Sustentável (PRODER) na Universidade Federal do Cariri (UFCA). Bolsista CAPES/BRASIL.

⁴ Mestranda em Desenvolvimento Regional Sustentável (PRODER) na Universidade Federal do Cariri (UFCA).

⁵ Mestranda em Desenvolvimento Regional Sustentável (PRODER) na Universidade Federal do Cariri (UFCA). Bolsista CAPES/BRASIL.

⁶ Professora Adjunta da Faculdade de Medicina da Universidade Federal do Cariri – UFCA. Docente permanente dos programas de Pós-graduação: Mestrado Profissional em Saúde da Família da Rede Nordeste de Formação em Saúde da Família – RENASF; Desenvolvimento Regional Sustentável – UFCA e Ciências da Saúde – UFCA.

RESUMO

O consumo de produtos de forma descontrolada é a principal causa para a geração de resíduos que quando destinados e dispostos de forma ambientalmente inadequada, favorece para degradação ambiental, resultante da intensa exploração dos recursos naturais provenientes do crescimento demográfico, como também o desenvolvimento econômico. Destaca-se que a contaminação do solo, da água, do ar, bem como a disseminação de doenças são consequências negativas da destinação incorreta dos resíduos. A construção da pesquisa, deu-se a partir de uma revisão narrativa acerca da geração de Resíduos Sólidos Urbanos (RSU) no Brasil, com enfoque para a Região Nordeste para o ano 2022, com a finalidade de identificar os impactos ambientais oriundo da sua destinação e disposição

ambientalmente inadequada, tais como medidas mitigadoras que visem minimizar tais impactos ambientais. Foram utilizados estudos publicados entre os anos de 2015 e 2023 e documentos legais, como a Política Nacional de Resíduos Sólidos (PNRS) e o documento publicado pela Associação Brasileira de Empresas de Limpeza Pública e Resíduos Especiais, o Panorama dos Resíduos Sólidos do Brasil. Observou-se que faz-se necessário colocar em prática um dos princípios da Política Nacional de Resíduos Sólidos (PNRS) que é a responsabilidade compartilhada pelo ciclo de vida, como também medidas mitigadoras precisam ser adotadas para melhorar a gestão e o gerenciamento dos resíduos, como por exemplo a aplicação dos 5 R's (Repensar, Recusar, Reduzir, Reutilizar e Reciclar), coleta seletiva, como também praticar a educação ambiental que contribui para a mudança de

hábito, principalmente quando se trata de padrão de consumo.

Palavras-chave: Degradação Ambiental. Recursos Naturais. Contaminação Ambiental. Política Nacional de Resíduos Sólidos.

ABSTRACT

The uncontrolled consumption of products is the main cause for the generation of waste that, when destined and received in an environmentally controlled manner, favors environmental degradation, resulting from the intense exploitation of natural resources resulting from demographic growth, as well as economic development. It is noteworthy that the contamination of soil, water, air, as well as the spread of diseases are negative consequences of the indirect disposal of waste. The construction of the research took place from a narrative review about the generation of Urban Solid Waste (MSW) in Brazil, focusing on the Northeast Region for the year 2022, with the purpose of identifying the environmental

impacts originated from its destination. and environmentally achievable disposal, such as mitigating measures aimed at minimizing such environmental impacts. Studies published between 2015 and 2023 and legal documents were used, such as the National Solid Waste Policy (PNRS) and the document published by the Brazilian Association of Public Cleaning and Special Waste Companies, the Panorama of Solid Waste in Brazil. It should be noted that it is necessary to put into practice one of the principles of the National Solid Waste Policy (PNRS) which is a responsibility shared by the life cycle, as well as mitigating measures need to be adopted to improve waste management and management, such as the application of the 5 R's (Rethink, Refuse, Reduce, Reuse and Recycle), selective collection, as well as practicing environmental education that contributes to changing habits, especially when it comes to consumption patterns.

Keywords: Ambiental Degradation. Natural Resources. Environmental Contamination. National Solid Waste Policy.

1. INTRODUÇÃO

Os seres humanos passaram por inúmeras adaptações ao longo de sua história até chegar ao estágio atual de evolução em que se encontram. A humanidade vivia em harmonia com os ecossistemas ao seu redor, tendo-se em vista que os seres humanos eram nômades, coletores/caçadores, e usavam somente o suficiente do meio ambiente para mantê-los vivos, seguros e dar continuidade à sua espécie. Essa realidade permaneceu por 2,5 milhões de anos, embora tenham se expandido para outros continentes, os humanos desse período não impactavam tanto o meio ambiente, pois sobreviviam da caça de animais e da coleta de plantas (JOAQUIM, 2021).

Subsequentemente, o homem aperfeiçoou, gradativamente, suas técnicas de expansão territorial e sobrevivência. Além disso, por questões de segurança e até de conforto, preferiram congregarem-se em comunidades que lhes possibilitariam explorar a natureza muito além do necessário para sua sobrevivência. A produção artesanal e arcaica que permitiam sua sobrevivência com o essencial e somente para atender sua subsistência básica vital, era deixada para trás; as pequenas populações iniciais se

tornavam cada vez mais populosas ao longo dos anos, e constituídas de consumidores natos, e cada vez mais exigentes (JOAQUIM, 2021).

Com o passar dos anos, a criação de tecnologias e os avanços tecnológicos tornaram a comunicação e a informação mais rápidas. Desse modo, inovações vêm surgindo rapidamente e é comum o surgimento de novos produtos e novas tecnologias para substituir os anteriores, em um ritmo cada vez maior. A globalização transformou o mundo em uma "aldeia global"; as corporações tornaram-se multinacionais; os mercados, globais; os problemas não são mais regionais e sim, globais (ROSSINI; NASPOLINI, 2017).

O consumo excessivo e desenfreado impulsionado pela obsolescência programada¹ tem impactos em todo o planeta, pois contribui para a continuidade de padrões produtivos que se mostram insustentáveis diante da necessidade de preservação do meio ambiente para a dignidade da vida das gerações futuras (FERNANDES; BENATTI, 2020).

Ademais, foi após o acontecimento da Segunda Guerra Mundial, nesse novo momento de crise financeira e econômica, que a obsolescência programada realmente entrou em prática, pois representou uma ferramenta que permitia finalmente atingir o objetivo do crescimento da economia. Com isso, os consumidores são incentivados a querer novos produtos antes que os antigos cheguem ao fim de sua vida útil. A estratégia de desperdício é a soma da obsolescência planejada e da obsolescência percebida. Não basta diminuir a vida útil de um produto e criar a necessidade de novas compras, é necessário fazer com que os consumidores queiram novos produtos antes que se tornem inúteis (ROSSINI; NASPOLINI, 2017; FERNANDES; BENATTI, 2020; SANTOS; GUARNIERI; STREIT, 2021).

Dessa forma, tal movimento pode gerar, e infelizmente, tem gerado, um grande mercado global padronizado, muito previsível e respondendo ao previsto pelas corporações multinacionais, o que reduz o risco de não aceitação de um serviço ou produto por diferenças regionais e culturais, e que será compensado pela padronização do mundo de consumo (e felicidade). A alta rotatividade de produtos gera uma maior

¹ A obsolescência programada é uma prática que nasceu na década de 1920 e consiste em programar a vida útil de um produto, desde sua concepção, para que ele tenha uma duração muito menor, com o intuito de estimular o consumo de forma inconscientemente exagerada (OLIVEIRA, 2020, p. 2).

lucratividade. Consume-se mais produtos e serviços a uma taxa crescente. O consumo, ou melhor, o superconsumo, já faz parte de um modo de vida ou de um ideal a ser realizado, pois a “moda” é necessária porque “todo mundo a está usando ou possuindo”. A obsolescência programada agora está intimamente relacionada à tecnologia (ROSSINI; NASPOLINI, 2017; EFING; GONÇALVES, 2020).

Com isso, o consumo se tornou e torna-se fonte de integração social e influência na determinação da valoração pessoal conforme o que o indivíduo possui e o quanto ele acompanha a inovação industrial, incentivando a geração de consumismo impulsivo, promovendo a cultura do desperdício, o descarte de produtos. A degradação do meio ambiente causada por esses processos afeta os níveis de poluição do ar, alteram o clima, contaminam as águas e causam danos ao solo. Ademais, o progresso da sociedade de consumo e a evolução da globalização e do capitalismo agravaram a crise ambiental, degradaram o meio ambiente e prejudicaram a sustentabilidade e o equilíbrio do ecossistema (WEBER; CENCI, 2021; EFING; GONÇALVES, 2020).

Ao longo dos anos, especialmente após a utilização do conceito das obsolescências, ficou comprovado que essa procura pela felicidade torna as pessoas menos felizes, e mais insatisfeitas com o que possuem e com o que conquistaram. Inevitavelmente, as alterações que o mundo sofreu para que os seres humanos estejam satisfeitos são desafiadores. Por exemplo, os problemas climáticos são fruto da degradação que o homem acarreta para o planeta, o que é resultado de um problema social humano, ou seja, a própria destruição que é produzida no mundo retorna os indivíduos em suas próprias necessidades. A poluição dos rios ocasiona problemas na cadeia da alimentação, produção e consumo de água nas regiões mais próximas desse rio podendo ainda acarretar danos à saúde, à economia e, para as populações (SANTOS; RIBEIRO, 2021; SANTOS; GUARNIERI; STREIT, 2021).

Há comunidades que procuram contornar a utilização do sistema de obsolescência a partir de iniciativas como o conserto, reciclagem, redução do consumo, produção de produtos menos tóxicos, entre outros. Entretanto, as próprias ameaças produzidas pelas indústrias no fechamento de postos de trabalho tornam as comunidades encarceradas dentro da visão consumista. Logo, é necessário a implementação de iniciativas voltadas para a melhoria da educação, debatendo temas

como consumo consciente, conceito de felicidade, satisfação na compra de bens e saúde financeira, todas relacionadas a um menor consumo (SANTOS; RIBEIRO, 2021).

Diante desse contexto, realizou-se uma revisão narrativa acerca da geração de Resíduos Sólidos Urbanos (RSU) no Brasil, com enfoque para a Região Nordeste no ano de 2022, bem como, buscou-se identificar os impactos ambientais oriundo da sua destinação e disposição ambientalmente inadequada, tais como medidas mitigadoras que visem minimizar tais impactos ambientais. Para a construção da revisão, primeiramente foram acessadas bases de dados de referência, posteriormente foram selecionados estudos que atenderam diretamente à temática discutida e publicados entre os anos de 2015 e 2023. Além destes, foram consultados documentos legais, como a Política Nacional de Resíduos Sólidos (PNRS) e o documento publicado pela Associação Brasileira de Empresas de Limpeza Pública e Resíduos Especiais, o Panorama dos Resíduos Sólidos do Brasil.

2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

De acordo com Martins e Santos (2021) a sociedade moderna vem enfrentando inúmeros desafios diante da crise ecológica vivenciada, decorrente das alterações ambientais, e um dos principais desafios é solucionar os impactos ocasionados no meio ambiente e na saúde da população. Ressalta-se que a degradação ambiental é o principal problema que o planeta está enfrentado, visto que a ela possui uma capacidade enorme impactar na vida e no equilíbrio planetário

Ocorre que, nas últimas décadas, o crescimento populacional juntamente com seus hábitos de consumo levou ao aumento da produção industrial e, logo, a uma maior geração de resíduos. E a problemática do consumismo desenfreado, ganha maior magnitude quando os resíduos gerados são depositados no meio ambiente sem que haja nenhum tratamento, contaminando o solo, rios e oceanos, deteriorando a qualidade do ar e da água. Diante de tantos impactos negativos, reflete ainda na diminuição da biodiversidade (fauna e flora) e agrava a situação do buraco da camada de ozônio, afetando significativamente a saúde humana (BOSQUILIA; MARTIRANI, 2019).

Diante disso, a sociedade de consumo é o termo usado para conceituar uma sociedade capitalista que está na vanguarda do desenvolvimento industrial, onde a produção em massa é voltada para o consumo em massa, e cuja principal característica

é que a alta produção é igualada ao consumo intensificado. Isso significa excesso de oferta, levando as empresas a bombardear os consumidores com propagandas excessivas, com o objetivo de aliciar o consumidor, induzir a compra, afetar o valor e o bem-estar pessoal, levar ao aumento do consumo e, assim, buscar irracionalmente a satisfação do consumidor e o desejo instantâneo (FERNANDES; BENATTI, 2020; EFING; GONÇALVES, 2020; WEBER; CENCI, 2021).

Nessa perspectiva, faz-se necessário entender como os resíduos sólidos são definidos e classificados. De acordo com a Lei nº 12.305, de 2 de agosto de 2010, que institui a Política Nacional de Resíduos Sólidos (PNRS), Capítulo II, Art. 3º, Inciso XVI, os resíduos sólidos definem-se como:

[...] material, substância, objeto ou bem descartado resultante de atividades humanas em sociedade, a cuja destinação final se procede, se propõe proceder ou se está obrigado a proceder, nos estados sólido ou semissólido, bem como gases contidos em recipientes e líquidos cujas particularidades tornem inviável o seu lançamento na rede pública de esgotos ou em corpos d'água, ou exijam para isso soluções técnica ou economicamente inviáveis em face da melhor tecnologia disponível (BRASIL, 2010, p. 4).

Por sua vez, a NBR 10004/2004 (ABNT, 2004, p. 1) define os resíduos sólidos, como:

Resíduos nos estados sólido e semi-sólido, que resultam de atividades de origem industrial, doméstica, hospitalar, comercial, agrícola, de serviços e de varrição. Ficam incluídos nesta definição os lodos provenientes de sistemas de tratamento de água, aqueles gerados em equipamentos e instalações de controle de poluição, bem como determinados líquidos cujas particularidades tornem inviável o seu lançamento na rede pública de esgotos ou corpos de água, ou exijam para isso soluções técnica e economicamente inviáveis em face à melhor tecnologia disponível.

Ademais, segundo o Art. 13 da PNRS, os resíduos sólidos podem ser classificados quanto a sua origem, como: a) resíduos domiciliares; b) resíduos de limpeza urbana; c) resíduos sólidos urbanos; d) resíduos de estabelecimentos comerciais e prestadores de serviços; e) resíduos dos serviços públicos de saneamento básico; f) resíduos industriais; g) resíduos de serviços de saúde; h) resíduos da construção civil; i) resíduos agrossilvopastoris; j) resíduos de serviços de transportes, e k) resíduos de mineração (BRASIL, 2010).

Já em relação à sua periculosidade, os resíduos podem ser classificados como: a) Perigosos: são aqueles que apresentam risco à saúde pública ou à qualidade ambiental



devido a suas características de inflamabilidade, corrosividade, reatividade, toxicidade, patogenicidade, carcinogenicidade, teratogenicidade e mutagenicidade; b) Não perigosos: são aqueles que não possuem as características dos resíduos considerados perigosos (BRASIL, 2010).

A PNRS institui que a gestão e o gerenciamento dos resíduos sólidos sigam uma ordem, e no Art. 7º, Inciso II (BRASIL, 2010, p. 3), apresenta-se ordem de prioridade para a geração de resíduos sólidos, que inclui a “não geração, redução, reutilização, reciclagem e tratamento dos resíduos sólidos, bem como disposição final ambientalmente adequada dos rejeitos”.

A PNRS refere ainda que gerenciamento de resíduos sólidos e gestão integrada de resíduos sólidos possuem definições diferentes, em que gerenciamento de resíduos sólidos consiste em um conjunto de ações cumpridas, de forma direta ou indireta, nas etapas de coleta até a destinação final dos resíduos sólidos e disposição final dos rejeitos, e seguem o plano municipal de gestão integrada de resíduos sólidos ou com plano de gerenciamento de resíduos sólidos. Enquanto, a gestão integrada de resíduos sólidos é um conjunto de ações com o objetivo de solucionar problemas advindos dos resíduos sólidos, levando em consideração as dimensões política, econômica, ambiental, cultural e social, com controle social e com a intenção de se alcançar o desenvolvimento sustentável (BRASIL, 2010).

No Brasil, o poder público municipal é responsável pelo gerenciamento dos resíduos sólidos, em que desenvolve os serviços de manejo dos resíduos sólidos urbanos, os quais estão inclusos a coleta e a limpeza pública, tal como a destinação final ambientalmente adequada desses resíduos. Destaca-se que o mau gerenciamento dos resíduos sólidos urbanos é responsável pela maximização do acúmulo de resíduo, assim como a disseminação de doenças devido à proliferação de vetores (CORRÊA; CORRÊA; PALHARES, 2020).

Ademais, o gerenciamento de resíduos sólidos é indispensável para o desenvolvimento de um país, visto que a geração de resíduos sólidos urbanos (RSU) no país vem progredindo a cada ano, resultado, principalmente do crescimento da economia e do consumo como supramencionado. Dessa forma, a intensa produção permite à população o acesso a novos bens e produtos, e é perceptível que a maioria

dos produtos consumidos possuem em sua composição materiais descartáveis (MARTINS; SANTOS, 2021).

No que concerne à geração exacerbada de resíduos sólidos, o consumismo irresponsável que nos últimos anos vem sendo praticado é um modelo típico que se instalou na sociedade atual, alerta-se que o mesmo cobra um alto preço e que vem causando danos irreversíveis à natureza, que está a cada mais frágil, devido à alta exploração dos seus recursos naturais, como também é resultado dos materiais poluentes utilizados na produção que depois são dispostos no meio ambiente (SANTOS; PONTES, 2021).

Sendo assim, para que o Brasil se desenvolva é primordial que haja investimento na gestão de resíduos sólidos, mas para que isso aconteça é necessário conhecer e compreender o contexto atual da geração de resíduos (DEUS, BATTISTELLE E SILVA, 2015).

Nesse contexto, de acordo com a Associação Brasileira de Empresas de Limpeza Pública e Resíduos Especiais (ABRELPE), para o ano de 2022, o Brasil apresentou uma geração de 81.811.506 toneladas de Resíduos Sólidos Urbanos (RSU), e desse total 76.118.317 toneladas (93%) foram coletadas. Entretanto, somente 46.412.091 toneladas (61%) desses RSU coletados tiveram uma disposição final ambientalmente adequada. Dito isso, 29.706.226 toneladas, além das 7% que não foram coletadas tiveram uma disposição inadequada.

Ressalta-se que, conforme o Painel do Setor de Saneamento do Sistema Nacional de Informações sobre Saneamento - SNIS (2021), 53,3% dos resíduos gerados no ano de 2021 tiveram sua disposição final para Aterro Sanitário em que foram dispostos em 69 unidades, 15,5% para Aterro Controlado com sua disposição para 108 unidades, e 31,1% tiveram sua disposição final para o lixão, foram dispostos em 899 unidades. Em relação à disposição final dada aos resíduos coletados no ano de 2022, apenas 6.214.527 toneladas (37,2%), tiveram uma disposição final adequada, enquanto 62,8% o que corresponde a mais da metade dos RSU gerados tiveram uma disposição final inadequada (ABRELPE, 2022).

Destaca-se que os lixões são construídos sem critérios sanitários, não atendendo a nenhuma norma, ou seja, a sua construção permite produção e escoamento do chorume e, conseqüentemente, a sua infiltração no solo, liberação de gases,



provocando a contaminação dos solos, ar, lençol freático e levando à contaminação das águas superficiais, além da poluição visual. Nos lixões, encontram-se no mesmo local catadores que procuram alimentos e recicláveis e animais como porco, cachorro e urubus (LEITE, 2019).

Diferente dos lixões, os aterros controlados possuem alguns controles operacionais e ambientais, como: balança rodoviária, controle de acesso, coleta de lixiviados, drenagem parcial de gases. O mesmo não pode ser comparado a um aterro sanitário que cumpre as exigências da legislação, mas apresenta um cenário menos depreciado do que os lixões (LEITE, 2019).

Destarte, os aterros controlados foram criados como uma alternativa para substituir os lixões na zona urbana, visto que são considerados menos danosos ao meio ambiente quando comparados ao lixão. Nos aterros controlados, os resíduos são cobertos e compactados por camadas diárias. Entretanto, ressalta-se que a técnica usada nos aterros controlados causa danos ao meio ambiente, devido à maioria dos aterros possuírem a impermeabilização da base, como também por não ocorrer a coleta e o tratamento do chorume gerado a partir da decomposição dos resíduos sólidos (SILVA, 2016).

Ademais, os aterros sanitários possuem uma atividade que estabelece um controle para evitar a poluição ambiental¹. Para a implementação dos aterros, faz-se necessário a adoção de medidas que objetivem a redução dos impactos negativos, como por exemplo: não possuir proximidade com áreas urbanas e de corpos hídricos, impermeabilização da base, distância correta entre a base do aterro e o aquífero, coleta, tratamento e destinação adequada dos chorumes e gases originados da decomposição dos resíduos, compactação e cobertura diária dos resíduos (ABNT, 1992; GUEDES; RIBEIRO, 2017).

Ressalta-se que disposição final e destinação final são conceituadas de formas diferentes e é indispensável saber diferenciar as duas etapas. Dessa forma, a PNRS no seu Art. 3º, Inciso VII, explica que destinação final ambientalmente adequada é quando os resíduos são destinados para a reutilização, a reciclagem, a compostagem, a recuperação e o aproveitamento energético, podendo ter outras destinações aceitas

¹ Degradação da qualidade ambiental (BRASIL, 1981).

pelos órgãos competentes. Já, no seu Inciso VIII, a disposição final ambientalmente adequada é responsável pela distribuição dos rejeitos em aterros, seguindo as normas operacionais específicas, de forma a evitar danos ou riscos à saúde pública e à segurança, como também a redução de impactos ambientais adversos (BRASIL, 2010).

Para melhor compreensão, a Resolução CONAMA nº 01, de 23 de janeiro de 1986, define impacto ambiental como:

[...] qualquer alteração das propriedades físicas, químicas e biológicas do meio ambiente, causada por qualquer forma de matéria ou energia resultante das atividades humanas que, direta ou indiretamente, afetam:

I - A saúde, a segurança e o bem-estar da população;

II - As atividades sociais e econômicas;

III - A biota;

IV - As condições estéticas e sanitárias do meio ambiente;

V - A qualidade dos recursos ambientais (BRASIL, 1986, p. 1).

Dessa forma, é perceptível que a destinação incorreta dos resíduos sólidos resulta em impactos negativos ao meio ambiente de diversas formas, como por exemplo o resíduo jogado nas ruas, nos esgotos a céu aberto, nos lixões e até nos aterros que, por muitas vezes, servem de local para os catadores que arriscam sua saúde na coleta de materiais recicláveis (RODRIGUES, FEITOSA E SILVA, 2015).

Ainda conforme a PNRS, no Art. 47, é proibido a destinação ou disposição final de resíduos sólidos ou rejeitos em praia ou em qualquer corpo hídrico; lançamento de resíduos sem tratamento a céu aberto, com exceção para os resíduos de mineração; queima dos resíduos a céu aberto ou em recipientes, locais e equipamentos sem licença para essa finalidade (BRASIL, 2010).

Ademais, observou-se que, para o ano de 2022, cada brasileiro gerou, em média, 1,043 kg de resíduos por dia, totalizando um total de 381 kg/hab/ano. Em um ranking das regiões que mais geraram resíduos, a Região Sudeste ocupa o 1º lugar, responsável por gerar 49,7% do total; em 2º, a Região Nordeste com 24,7%; em 3º, a Região Sul com 10,6%, e empatadas as Regiões Norte e Centro – Oeste em que ambas geraram apenas 7,5% do total (ABRELPE, 2022).

A região Nordeste foi responsável por gerar 24,7%, o que corresponde a 20.200.385 toneladas de RSU. Notou-se que quando comparado ao ano de 2021, a região apresentou uma redução de 165.057 toneladas. Da forma que o quantitativo total de resíduos sólidos gerados houve uma redução, conseqüentemente a geração per capita também passou pelo regresso, passando de 0,968 kg/hab/dia (2021) para 0,955 kg/hab/dia (2022) (ABRELPE, 2022).

Destaca-se que, das 20.200.385 toneladas de RSU gerados, 16.705.718 toneladas foram coletadas, e conforme tal dado, a região Nordeste apresenta um índice de cobertura de coleta seletiva de RSU de 82,70% ficando em 4º lugar quando comparada às demais regiões. Para o ano de 2021, apenas 42,3% dos municípios da Região Nordeste foram contemplados com a Coleta Seletiva, dado este que não foi contabilizado para o ano de 2022 (ABRELPE, 2022).

Diante de toda a problemática apresentada decorrente da geração de resíduos sólidos, é perceptível a necessidade de se adotar padrões de produção e consumo sustentáveis, visto que o gerenciamento correto dos resíduos sólidos é uma peça fundamental para minimizar de forma significativa os impactos aos pilares ambiental e social, assegurando assim, bem-estar e equilíbrio ambiental para as gerações futuras (MARTINS; SANTOS, 2021).

A PNRS presume metodologias e estratégias para minimizar a produção de resíduos a partir da adoção de hábitos e práticas sustentáveis, objetiva apoiar e promover a sustentabilidade financeira dos serviços de gestão de RSU e antecipar a utilização de tecnologias para geração e a recuperação energética por meio de RSU (BRASIL, 2010).

Paralelamente a isso, os direitos à saúde e ao meio ambiente saudável são mutuamente dependentes um do outro e caminham lado a lado de forma indissociável. Desse modo, geralmente a execução de um favorece o outro, e o dano a um deles, inevitavelmente impacta diretamente o outro. Dito isso, os problemas ambientais podem provocar danos à saúde dos seres humanos, e estes podem ocasionar danos irreversíveis ao meio ambiente, tornando assim um círculo vicioso e perigoso (MARTINS; SANTOS, 2021).

À vista disso, é fundamental colocar em prática metodologias sustentáveis que tenham como objetivo principal auxiliar no tratamento dos resíduos e reduzir os danos



ocasionados à saúde. Enfatiza-se que, devido ao consumismo inconsciente por parte da população, é essencial usar tecnologias que reduzam eficientemente a quantidade de resíduos gerados, a exemplo cita-se a lógica dos “3 Rs” do consumo ecoeficiente: redução, reutilização e reciclagem (BOFF, 2016; MARTINS; SANTOS, 2021).

Souza, Silva e Souza em concordância com Santos e Pontes (2021) abordam a prática dos “5 Rs” complementando o pensamento anterior, acrescentando mais “2 Rs”, o recusar e o repensar. Os autores, destacam que um ambiente ecologicamente equilibrado é primordial para a saúde do ambiente e da população. Ressaltam ainda, que os “5 Rs” são um instrumento indispensável para alcançar as metas da Educação Ambiental¹.

Outra forma de minimizar os impactos ambientais originados da geração exacerbada e conseqüentemente a destinação e disposição final dos resíduos sólidos, é colocar em prática a coleta seletiva. De acordo com Santos e Pontes (2021), a coleta seletiva é um assunto que necessita ser debatido com o objetivo de listar quais são os seus principais entraves, requer entender quais cidades não são contempladas, assim como quantificar os resíduos gerados que não são recolhidos. A triagem dos resíduos na coleta seletiva é um mecanismo fundamental para a execução dos processos tecnológicos que encaminham para o tratamento e reciclagem, evitando a contaminação do material por outros componentes presentes nos resíduos, de modo que ambientes com índices maiores de reciclagem resultam em menores impactos ambientais.

Por fim, salienta-se a necessidade de pôr em prática a responsabilidade compartilhada que consiste em um conjunto de atribuições individuais e encadeadas dos fabricantes, importadores, distribuidores e comerciantes, dos consumidores e dos titulares dos serviços públicos de limpeza urbana e de manejo dos resíduos sólidos, para reduzir a quantidade de resíduos sólidos e rejeitos gerados, bem como minimizar os impactos ocasionados à saúde humana e à qualidade ambiental resultantes do ciclo de vida dos produtos.

¹ A educação ambiental apresenta-se como a principal alternativa para que se operem as transformações e a tomada de uma consciência crítica em relação ao meio ambiente (NUNES, 2019, p. 5).

3. CONSIDERAÇÕES FINAIS

A geração de resíduos é uma consequência do consumo desenfreado associado à produção industrial, e a destinação final ambientalmente adequada têm sido um desafio crucial para a preservação do meio ambiente e saúde da população.

Observou-se que, infelizmente para o ano de 2022, a maioria dos resíduos foram descartados de forma incorreta, e sabe-se que os impactos oriundos de tal ação são maléficos, principalmente, para o meio ambiente e social. Percebe-se que, mesmo com a Política Nacional de Resíduos Sólidos que proíbe a destinação de resíduos a céu aberto, a maior parte deles ainda continua sendo destinada para lixões.

Desta forma, faz-se necessário que os resíduos sólidos sejam destinados para aterros sanitários e cumpram as legislações pertinentes. Recomenda-se que práticas sustentáveis sejam adotadas, como a redução de sua geração, reutilização e reciclagem. Em resumo, é fundamental que a população se conscientize acerca da importância da redução do consumo e como suas ações estão prejudicando de forma gradativa o planeta Terra. Destaca-se que a ação do poder público é indispensável para a minimização dos impactos originados a partir da geração de resíduos sólidos.

AGRADECIMENTOS

À Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior – Brasil (CAPES)

REFERÊNCIAS

- ABNT - Associação Brasileira de Normas Técnicas. **NBR 10004**: Resíduos sólidos - Classificação. Rio de Janeiro, 2004.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS – ABNT. **NBR 8419**: Apresentação de projetos de aterros sanitários de resíduos sólidos urbanos. Rio de Janeiro, 1992.
- BOFF, Leonardo. **Sustentabilidade: o que é - o que não é**. 5 ed. Petrópolis RJ: Vozes, 2016
- BOSQUILIA, Samira Gaiad Cibim de Camargo; MARTIRANI, Laura Alves. Consumo e geração de resíduos: estudos de caso em Piracicaba e Saint Petersburg. **Revista GEOMAE**, v. 10, n. 2, p. 80-91, 2019.
- 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 República Federativa do Brasil**, Brasília, DF, 03 ago.2010.

- BRASIL. Resolução CONAMA nº 01, de 23 de janeiro de 1986. Dispõe sobre critérios básicos e diretrizes gerais para a avaliação de impacto ambiental. **Diário Oficial da União**, 17 fev., 1986.
- CORRÊA, F. V. S.; CORRÊA, V. C.; PALHARES, J. M. Gerenciamento de resíduos sólidos urbanos na fronteira franco-brasileira: impactos socioambientais. **Revista Ciência Geográfica**, v. 24, n. 2, p. 635-654, 2020.
- DEUS, Rafael Mattos; BATTISTELLE, Rosane Aparecida Gomes; SILVA, Gustavo Henrique Ribeiro. Resíduos sólidos no Brasil: contexto, lacunas e tendências. **Engenharia Sanitária e Ambiental**, v. 20, p. 685-698, 2015.
- EFING, A. C.; GONÇALVES, H. A. C. Lixo, o luxo da sociedade: resíduos sólidos eletroeletrônicos, obsolescência programada e pós-consumo. **Revista Brasileira de Direitos Fundamentais & Justiça**, [S. l.], v. 14, n. 42, p. 405-428, 2020.
- FERNANDES, C.; BENATTI, J. O combate à obsolescência no Brasil: a análise do ordenamento jurídico brasileiro. **Direito e Desenvolvimento**, v. 11, n. 2, p. 148-166, 2020.
- GUEDES, Maria Josicleide Felipe; RIBEIRO, Márcia Maria Rios. Aplicação de metodologias de análise de conflito ambiental ao aterro sanitário de Puxinanã (PB). **Engenharia Sanitária e Ambiental**, v. 22, p. 81-93, 2017.
- JOAQUIM, Juliana Mattos dos Santos. Obsolescência programada, as relações de consumo e a geração de resíduos no antropoceno. **Revista de Direito e Sustentabilidade**, v. 7, n. 1, p. 92 – 112, 2021.
- LEITE, Nirlania Diógenes et al. Lixões, aterros controlados e aterros sanitários: o que mudou no Brasil após a publicação da Lei Federal 12.305/2010. In: Congresso Brasileiro de Engenharia Sanitária e Ambiental, 30º., 16 a 19 jun. 2019, Natal, no Rio Grande do Norte. **Anais [...]** Natal, no Rio Grande do Norte, 2019.
- MARTINS, Joana D.ª Arc Dias; SANTOS, Maria de Fátima Ribeiro dos. O consumismo como fator preponderante para o aumento da geração de resíduos sólidos e os impactos ambientais e na saúde pública. **Revista de Direito Econômico e Socioambiental**, v. 12, n. 1, p. 123-152, 2021.
- MARTINS, Joana D.ª Arc Dias; SANTOS, Maria de Fátima Ribeiro dos. O consumismo como fator preponderante para o aumento da geração de resíduos sólidos e os impactos ambientais e na saúde pública. **Revista de Direito Econômico e Socioambiental**, v. 12, n. 1, p. 123-152, 2021.
- NUNES, Cassiane de Souza. **Resíduos sólidos gerados na Escola Estadual de Ensino Médio Getúlio Vargas – Fontoura Xavier, Rio Grande do Sul**. 2019. 41 f.



Monografia (Especialização) - Curso de Gestão e Sustentabilidade Ambiental, Universidade Estadual do Rio Grande do Sul, Soledade, 2019.

- OLIVEIRA, Bruno Ferreira Brás. **Obsolescência programada e a proteção do consumidor: uma perspectiva jurídica nacional e comparada**. 2019. 24 f. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Direito) – Universidade Federal de Uberlândia, Uberlândia, 2020.
- RODRIGUES, Geizibel Lopes; FEITOSA, Maria José da Silva; SILVA, Genilson Ferreira Lopes da. Cooperativas de reciclagem de resíduos sólidos e seus benefícios socioambientais: um estudo na COOPECAMAREST em Serra Talhada–PE. **Revista Metropolitana de Sustentabilidade (ISSN 2318-3233)**, v. 5, n. 1, p. 18-38, 2015.
- ROSSINI, Valéria; NASPOLINI, S. H. D. F. Obsolescência programada e meio ambiente: a geração de resíduos de equipamentos eletroeletrônicos. **Revista de Direito e Sustentabilidade**, v. 3, n. 1, p. 51-71, 2017.
- SANTOS, Arantxa Carla da Silva; PONTES, Altem Nascimento. Educação Ambiental e Gestão dos Resíduos Sólidos: os 5 Rs da sustentabilidade. **Revista Científica e-Locução**, v. 1, n. 20, p. 18-18, 2021.
- SANTOS, Caio Damasceno dos; RIBEIRO, Gustavo Nascimento. **Obsolescência programada e percebida**. 2021. 45 f. Monografia (Especialização) - Curso de Ciências Econômicas, Universidade São Judas Tadeu, São Paulo, 2021.
- SANTOS, Ricardo Henrique Moraes; GUARNIERI, Patrícia; STREIT, Jorge Alfredo Cerqueira. Obsolescência programada e percebida: Um levantamento sobre a percepção do ciclo de vida com usuários de aparelhos celulares. **Gestão & Planejamento-G&P**, v. 22, n. 1, 2021.
- SILVA, Karine Trajano. **Projeto de um aterro sanitário de pequeno porte**. 2016. 97 f. TCC (Graduação) Curso em Engenharia Civil, Escola Politécnica, Universidade Federal do Rio de Janeiro, 2016.
- SOUZA, Luciane Lopes de; SILVA, Sara Souza da; SOUZA, Edvan Lima. Um Caminho Melhor para os Resíduos Sólidos: levando a educação ambiental para as escolas públicas de Tefé (Amazonas). **Extensão em Revista**, v. 1, n. 1, p. 84-94, 2016.
- WEBER, Natália Cerezer; CENCI, Daniel Rubens. A crise ambiental da sociedade de risco: a busca pela justiça ambiental e sustentabilidade. In: SEMINÁRIO DE INICIAÇÃO CIENTÍFICA, 29º, 2021, Ijuí. **Anais [...]**. Panambi: Salão do Conhecimento, p. 1-5, 2021.



A ATUAÇÃO DO GOVERNO FEDERAL BRASILEIRO NA REDUÇÃO DOS RISCOS DE DESASTRES: COMPARANDO OS PERÍODOS DE 2011- 2015 E 2016- 2022

THE ACTION OF THE BRAZILIAN FEDERAL GOVERNMENT IN REDUCING DISASTER RISKS: COMPARING THE PERIODS OF 2011-2015 AND 2016-2022

DOI: 10.51859/ampla.mas3200-6

Cláudia Gonçalves Thaumaturgo da Silva ¹
Márcia Pinheiro dos Santos ²

¹Arquiteta e Urbanista, Tecnologista do Departamento de Saneamento e Saúde Ambiental/ Escola Nacional de Saúde Pública Sérgio Arouca/ Fundação Oswaldo Cruz.

²Engenheira Civil, Cruz Vermelha Brasileira, Niterói-RJ.

RESUMO

No ano de 2011 ocorreram grandes desastres ambientais no Brasil, como enchentes em Santa Catarina e deslizamentos de terra na Região Serrana do Estado do Rio de Janeiro. Este último atingiu sete cidades, causando mortes, desaparecimentos e deixando mais de 50.000 pessoas desabrigadas ou desalojadas. A partir destes eventos, o Governo Federal, na gestão de Dilma Roussef, implementou entre os anos de 2011 a 2015, projetos voltados para a redução dos riscos de desastres em vários Estados e municípios brasileiros, sobretudo, nas regiões atingidas. Tais projetos foram desenvolvidos por meio de seus Ministérios, com a parceria de diversos e institutos nacionais de pesquisa. No entanto, após a saída compulsória dessa presidente, em 2015, aqueles que assumiram o governo federal, sucessivamente, entre os anos de 2016 a 2022, desconstruíram toda a política de prevenção de desastres implementada até então, encerrando projetos e promovendo uma severa redução de verbas para institutos de pesquisa e órgãos de monitoramento e controle ambiental, além de extinguir Ministérios. O resultado dessa política de contingenciamento foi a redução da atuação do governo federal em ações de prevenção de desastres e o consequente aumento da ocorrência de calamidades e tragédias em todo o país. Este

trabalho tem por objetivo verificar quais dos projetos implementados durante o período de 2011 a 2015 ainda estão ativos e analisar se a acentuada redução de verbas destinadas para a área de prevenção, monitoramento e controle ambiental, pode ter contribuído para a ocorrência de desastres de diversas naturezas em todo o país.

Palavras-Chave: Redução de riscos de desastres. Projetos governamentais.

ABSTRACT

In 2011, major environmental disasters occurred in Brazil, such as floods in Santa Catarina and landslides in the Mountainous Region of the State of Rio de Janeiro. The latter hit seven cities, causing deaths, disappearances and leaving more than 50,000 people homeless or displaced. From these events, the Federal Government, under the management of Dilma Roussef, implemented between the years 2011 to 2015, projects aimed at reducing the risk of disasters in several Brazilian states and municipalities, especially in the affected regions. Such projects were developed through its Ministries, in partnership with several national research institutes. However, after the compulsory departure of that president, in 2015, those who took over the federal

government, successively, between the years 2016 to 2022, deconstructed the entire disaster prevention policy implemented until then, closing projects and promoting a severe reduction of funds for research institutes and environmental monitoring and control bodies, in addition to extinguishing ministries. The result of this contingency policy was the reduction of the federal government's role in disaster prevention actions and the consequent increase in the occurrence of calamities and tragedies

throughout the country. This article aims to verify which of the projects implemented during the period from 2011 to 2015 are still active and to analyze whether the sharp reduction in funds allocated to the area of prevention, monitoring and environmental control, may have contributed to the occurrence of disasters of various kinds across the country.

Keywords: Disaster risk reduction. Government programs.

1. INTRODUÇÃO

Segundo a OPAS/OMS e o Ministério da Saúde (2015), “desastres” são episódios que podem causar interrupção no funcionamento de uma cidade, uma comunidade ou um país, alterando o seu cotidiano e excedendo a capacidade da população de se recuperar utilizando os seus próprios recursos. Tal interrupção pode envolver perdas de vidas e agravos à saúde da população, além de danos materiais e ambientais. Esses episódios são usualmente denominados “desastres naturais”, porque se originam em eventos naturais, cuja natureza pode ser geológica, meteorológica, hidrológica ou climatológica (OPAS/OMS e MS, 2015). Tais eventos disparam determinados processos e estes, por sua vez, podem resultar em desastres.

Tabela 1 - Eventos Naturais disparadores de processos que podem resultar em desastres:

Eventos Naturais	Processos resultantes em Desastres
Eventos geológicos ou geofísicos	Envolvem os processos erosivos, de movimentação de massa e deslizamentos resultantes de processos geológicos ou fenômenos geofísicos.
Eventos meteorológicos	Envolvem os processos que resultam em fenômenos como raios, ciclones tropicais e extratropicais, tornados e vendavais.
Eventos hidrológicos	Envolvem os processos que resultam em alagamentos, enchentes, inundações graduais e bruscas e movimentos de massa úmida (deslizamentos).
Eventos climatológicos	Envolvem os processos relacionados à estiagem e seca, queimadas e incêndios florestais, chuvas de granizo, geadas e ondas de frio e de calor.

Fonte: Adaptado de OPAS/OMS no Brasil e Ministério da Saúde, 2015.

Entretanto, de acordo com o Banco Mundial (World Bank, 2012), os eventos geológicos, meteorológicos, hidrológicos e climatológicos podem ser, em sua maioria, ameaças naturais, mas os desastres não podem ser considerados naturais e sim o resultado da combinação entre fatores econômicos, socioambientais e urbanísticos, que determinam a configuração espacial das cidades (World Bank, 2012). Tais eventos são ameaças ou perigos que podem se transformar em desastres, caso haja uma combinação entre fatores específicos, tais como: “ameaças, exposição, condições de vulnerabilidade, insuficiente capacidade ou medidas para reduzir as consequências negativas e potenciais de risco” (OPAS/ OMS e MS, 2015).

Segundo o relatório do IPCC (2022), as mudanças climáticas ora em curso têm aumentado a frequência e a magnitude de eventos climáticos extremos, causando impactos na saúde humana, nos meios de subsistência e nas principais infraestruturas, sobretudo em ambientes urbanos (IPCC, 2022). Assim, os desastres de origem climática e meteorológica, têm ocorrido com frequência e intensidade cada vez mais altas, causando danos físicos e humanos, principalmente em áreas urbanas, nas quais a população mais severamente atingida é aquela que se encontra instalada em áreas vulneráveis, tanto do ponto de vista físico, como social e também ambiental. Estas áreas são, invariavelmente, assentamentos densamente ocupados, com infraestrutura deficiente ou ausente. E são, geralmente, as mais atingidas em caso de ocorrência de eventos hidrometeorológicos extremos, por estarem situadas em locais sujeitos à ocorrência de deslizamentos e inundações (SILVA, 2018). Para Maricato (2010) os eventos naturais, somados às ações antrópicas, elevam a suscetibilidade dos terrenos aos processos naturais de sua dinâmica superficial, tais como erosões, deslizamentos, enchentes e inundações, desencadeando efeitos desastrosos que podem se transformar em tragédias (MARICATO, 2010). Segundo o IPCC (2022), os impactos causados por eventos climáticos extremos, ocasionados pelas mudanças climáticas estão concentrados entre os moradores urbanos marginalizados econômica e socialmente. Portanto, o grau de vulnerabilidade a tais eventos está diretamente associado à situação socioeconômica da população a eles exposta (IPCC, 2022).

Deste modo, é necessária a adoção de medidas, por parte das autoridades, capazes de garantir a segurança da população, sobretudo a parcela moradora em áreas de maior vulnerabilidade socioeconômica e ambiental. No Brasil vários casos de

desastres têm ocorrido em áreas urbanas após a incidência de chuvas intensas. Em 2011, ocorreram enchentes no Estado de Santa Catarina, que atingiram 83 municípios, deixando toda a área em estado de calamidade pública e, naquele mesmo ano ocorreu um grande desastre na Região Serrana do Rio de Janeiro, que atingiu sete municípios, causando mais de 900 mortes, 300 desaparecimentos, deixando mais de 50 mil pessoas desabrigadas ou desalojadas (DOURADO *et al.*, 2012). Este caso é considerado ainda hoje um dos maiores eventos de movimentos de massa ocorridos no Brasil.

O episódio foi deflagrado por chuvas em volume muito acima do esperado, alcançando valores maiores do que a média histórica registrada para o mês (DOURADO *et al.*, 2012). Este e outros trágicos acontecimentos desafiaram o governo brasileiro a buscar planos de gerenciamento de riscos que promovessem não só a redução de riscos de desastres, como também o aumento da capacidade de resiliência da população. Assim, o governo federal, implementou, entre os anos de 2011 e 2015, diversos programas voltados para a gestão, monitoramento, mapeamento e redução dos riscos de desastres em vários municípios e, sobretudo, nas regiões atingidas (SILVA *et al.*, 2019).

No entanto, mais de dez anos após a implementação daqueles projetos, tragédias ainda continuam a acontecer em todo o país, logo após a ocorrência de chuvas fortes, tais como os eventos ocorridos no município de Petrópolis em Fevereiro e Março de 2022, nos quais a ocorrência de chuvas em volumes muito acima do esperado, provocaram inundações e deslizamentos, causando mortes e destruições em todo o município. Ao analisar os projetos implementados e verificar que muitos deles encontram-se extintos, pode-se presumir que a política de corte de verbas, adotada pelas diferentes gestões que assumiram o governo federal entre 2016 e 2022, pode ter contribuído para agravar a situação de desastres em todo o país.

O objetivo deste trabalho é fazer um balanço dos projetos voltados para a redução do risco de desastres implementados entre os anos de 2011 e 2015 e verificar quais, entre eles, ainda estão em vigor. E assim, estabelecer uma análise comparativa entre as atuações do governo federal brasileiro nessa área durante a gestão responsável pelo período de 2011 a 2015 e as gestões que se seguiram de 2016 a 2018 e de 2019 a 2022.



2. PROJETOS VOLTADOS PARA A REDUÇÃO DE RISCOS DE DESASTRES IMPLEMENTADOS PELO GOVERNO FEDERAL ENTRE 2011 E 2015.

Após os desastres que ocorreram no Brasil em 2011, o governo federal implementou vários projetos voltados para a redução de riscos de desastres no país. E, como ponto de partida foi criada a *Política Nacional de Proteção e Defesa Civil*, pela Secretaria Nacional de Defesa Civil, do Ministério da Integração Nacional, na Lei nº 12.608/ 2012. Esta Lei estabelece os “Planos de Gerenciamento de Riscos de Desastres”, que compreendem ações voltadas para a prevenção, recuperação e resposta a situações de emergências e desastres (MINISTÉRIO DA INTEGRAÇÃO NACIONAL, 2012).

Ainda em 2011 o governo federal criou o *CEMADEN – Centro Nacional de Monitoramento e Alerta de Desastres Naturais*, no âmbito do Ministério da Ciência e Tecnologia e, no ano de 2012 lançou o “*Plano Nacional de Gestão de Riscos e Resposta a Desastres Naturais*”, um grande projeto implementado em todo o território nacional, com investimentos de R\$ 18,8 bilhões em ações articuladas de prevenção e redução do tempo de resposta a ocorrências de desastres (CPRM, 2012). Esse plano colocou em execução diversos projetos voltados para a gestão, mapeamento e redução dos riscos de desastres em vários Estados e municípios do país, sob a iniciativa, supervisão e apoio financeiro dos Ministérios do Meio Ambiente; da Saúde; das Cidades; da Integração Nacional; da Ciência, Tecnologia e Inovação; das Minas e Energia e do Planejamento, Orçamento e Gestão, por meio de agências nacionais, institutos federais e estaduais e os centros de monitoramento, alerta e controle, contando com o suporte técnico das universidades e os institutos de pesquisa. Foram diversos projetos aplicados nos municípios estudados. E bilhões em aporte de recursos financeiros empregados nestes projetos, com o objetivo de reduzir os riscos e as vulnerabilidades físicas, sociais e ambientais existentes nos Estados e municípios. Enfim, houve um considerável empenho e liberação de recursos financeiros para a implementação de projetos voltados para a redução do risco de desastres, por parte do Governo Federal, naquele momento.

Será feita, a seguir, uma análise dos projetos voltados para a temática da redução dos riscos de desastres e controle ambiental implementados por parte de vários Ministérios, além dos problemas enfrentados, desde então, pelos próprios Ministérios.

2.1. PROJETOS DO MINISTÉRIO DO PLANEJAMENTO

O Ministério do Planejamento foi criado em 1962, pelo então presidente João Goulart, com a função de planejar a administração pública, analisar a viabilidade de projetos, controlar orçamentos e liberar fundos para projetos governamentais. Porém, este foi fechado logo após sua criação, em Março de 1964, pela Ditadura Militar. No entanto, o Ministério foi reaberto no mesmo ano e funcionou até 2019, com o título de *Ministério do Planejamento, Desenvolvimento e Gestão*. No ano de 2012, esse Ministério lançou o *Plano Nacional de Gestão de Riscos e Resposta a Desastres Naturais*, implementado durante os anos de 2012 a 2014, contando com investimentos da ordem de R\$ 18 bilhões em ações articuladas de prevenção e redução do tempo de resposta a ocorrências de desastres, com o objetivo de garantir segurança às populações instaladas em áreas suscetíveis a ocorrências de desastres. Para a realização deste plano, o Ministério do Planejamento, Desenvolvimento e Gestão contou com a parceria e a ação integrada dos Ministérios da Integração Nacional; das Cidades; da Saúde; da Ciência e Tecnologia, do Desenvolvimento Social e Combate à Fome e com o Ministério de Minas e Energia. Entre as ações executadas estavam: a compra de equipamentos de saúde, salvamento, apoio aéreo, engenharia e comunicação para as Forças Armadas; recursos financeiros para socorro, assistência e reconstrução; apoio técnico e equipamentos para as Defesas Civas Municipais; capacitação em Defesa Civil e gestão de riscos e a construção de unidades habitacionais do Minha Casa, Minha Vida 2.

Porém, em 2019, o Governo Federal sob a gestão de Jair Bolsonaro, estabeleceu uma nova estrutura organizacional da Presidência da República e seus Ministérios, propondo uma fusão entre os Ministérios da ‘Fazenda’, do ‘Planejamento, Desenvolvimento e Gestão’, da ‘Indústria, Comércio Exterior e Serviços’ e do ‘Trabalho’. E foi estabelecido então, que o Ministério da Economia iria integrar as atribuições desses quatro Ministérios, que foram extintos. No entanto, em 2023, no início da gestão de Luís Inácio Lula da Silva, todo esse modelo de organização foi desfeito e os Ministérios que haviam sido extintos foram recriados. Assim, o Ministério do Planejamento voltou a assumir seu papel chave no planejamento e coordenação de políticas de gestão da administração pública do governo federal.

2.2. PROJETOS DO MINISTÉRIO DO MEIO AMBIENTE

Entre os projetos implementados pelo Ministério do Meio Ambiente no período entre 2011 e 2015 estava o “*Projeto de Gestão Integrada de Riscos de Desastres*”, uma capacitação técnico-científica exercida por meio de uma parceria entre o Brasil e a Espanha, com o apoio financeiro do Banco Mundial; e o “*Projeto de Mapeamento de Áreas de Risco Iminente de Inundação da Região Serrana*”, que consistia em um mapeamento das áreas que apresentavam a necessidade de restrição à ocupação nos municípios de Petrópolis, Teresópolis e Nova Friburgo, elaborado logo após o grande desastre ocorrido naquela região. No entanto, esses projetos não estão mais em vigor.

Um dos fundos a sofrerem cortes de verbas foi o *FECAM – Fundo Estadual de Conservação Ambiental e Desenvolvimento Urbano*, da Secretaria de Estado do Ambiente do Rio de Janeiro. Este fundo de reserva foi criado com o objetivo de financiar projetos ambientais e de desenvolvimento urbano no Estado do Rio de Janeiro, como reflorestamento, recuperação de áreas degradadas, canalização de cursos d’água, despoluição de praias e saneamento. Estes projetos são executados pelo INEA, CEDAE ou pela própria SEA (FECAM, 2016). Até 2015, esse Fundo contava com recursos na ordem de R\$ 400 milhões/ano oriundos dos *royalties* do petróleo atribuídos ao Estado do Rio de Janeiro e, naquele momento, cabia a este Fundo 5% do valor relativo à extração na camada pós-sal e 10% na camada pré-sal, conforme apresentado no Relatório Anual de Atividades de 2016, relativo às atividades realizadas em 2015. No entanto, a partir de 2016 o FECAM passou a ter direito a 5% do valor relativo à camada pós-sal somente a 5% da camada do pré-sal, o que resultou em uma redução de cerca de 30% do valor repassado, em relação ao de 2015 (FECAM, 2020).

Em 29 de dezembro de 2022, logo após ter sido anunciada como Ministra do Meio Ambiente do novo governo eleito, Marina Silva anunciou que a partir de Janeiro de 2023, o Ministério adotaria o novo nome de *Ministério do Meio Ambiente e Mudanças Climáticas* – o que efetivamente ocorreu, apenas com uma pequena variação da nomenclatura anunciada: o novo título da pasta passou a ser *Ministério do Meio Ambiente e Mudança do Clima*.

Nossos biomas, sobretudo a Amazônia, o Cerrado e a Mata Atlântica, continuam sendo devastados. Para reverter a tragédia ambiental brasileira, o governo do presidente Luís Inácio Lula da Silva, que assumiu a presidência em Janeiro de 2023,



precisará retomar políticas públicas de preservação do meio ambiente, que estavam congeladas desde o governo passado, como por exemplo, o *Plano de Ação para Prevenção e Controle do Desmatamento na Amazônia – PPCDAm e o Fundo Amazônia*. Este último estava paralisado desde 2019, quando ocorreu a dissolução dos órgãos de gestão do fundo e, desde então, os repasses dos principais doadores (Alemanha e Noruega) foram interrompidos. A reaproximação entre o Brasil e os países doadores foi realizada no início de 2023, com a reabertura do fundo pelo Governo. Segundo os países doadores, o compromisso brasileiro de eliminar o desmatamento ilegal até 2030 foi decisivo para a concretização dessa ação (APEX BRASIL, 2023).

2.3. PROJETOS DO MINISTÉRIO DA SAÚDE

O Ministério da Saúde atua na área de vigilância em saúde ambiental desde 2003, com a criação da *Secretaria de Vigilância em Saúde – SVS*, por meio do *Subsistema Nacional de Vigilância em Saúde Ambiental (SINVSA)*, exercendo a vigilância sobre: água para consumo humano, ar, solo, contaminantes ambientais, desastres naturais, fatores físicos e saúde do trabalhador (MACHADO *et al.*, 2011). A SVS também exerceu controle sobre situações de desastres por meio da *CGVAM – Coordenação Geral de Vigilância em Saúde Ambiental*, que tinha entre seus Programas de Vigilância em Saúde Ambiental (VIGIÁGUA, VIGISOLO, VIGIAR) o VIGIDESASTRES, cujo objetivo era exercer a vigilância em saúde dos riscos associados a desastres, além de reduzir as vulnerabilidades aos eventos naturais e antropogênicos. No entanto, a partir de 2016 estes programas foram extintos e no lugar desses a SVS produziu cartilhas informativas para a população saber como agir em situações de enchentes, como por exemplo a cartilha “*Saiba como Agir em Casos de Enchentes*” e a “*Cartilha de orientação para a população no período de alertas de chuvas intensas*” (MINISTÉRIO DA SAÚDE, 2022).

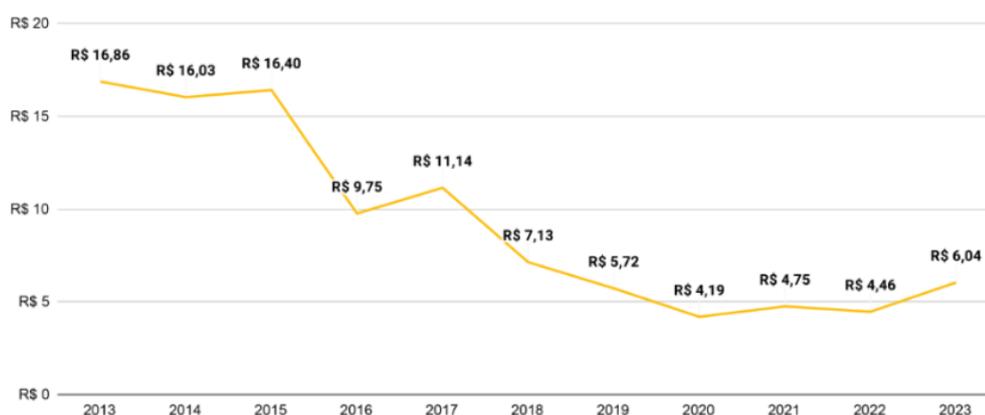
A *FUNASA – Fundação Nacional de Saúde*, era um órgão ligado ao Ministério da Saúde, que também atuava na área de desastres. Sua missão era promover a inclusão social por meio de ações de prevenção e controle de doenças. A FUNASA tinha, até 2015, o “*Programa de Saúde Ambiental*”, que contava com ações estratégicas em saúde ambiental, entre as quais estava o “*Plano de Atuação da FUNASA em Situações de Desastres Ocasionalmente por Inundações*”. E, a partir de 2016 este deu lugar ao “*Plano de Atuação da FUNASA em Situações de Desastres*” e o “*Protocolo de Atuação da Funasa*



em Situações de Desastres ocasionadas por inundações. Porém, em 2023, a FUNASA foi extinta e suas atividades transferidas para outros órgãos do governo (AGÊNCIA SENADO, 2023).

Segundo estudo realizado pelo IEPS – Instituto de Estudos para Políticas em Saúde, em parceria com a UMANE – Associação do Hospital Samaritano, com dados do SIAFI – Sistema Integrado de Administração Financeira, os investimentos em saúde no Brasil sofreram uma redução de 64% entre 2013 e 2023 (Figura 2), sendo que o pior momento foi entre 2019 e 2022, durante o governo de Jair Bolsonaro, quando a redução chegou a ser de 75% (IEPS, 2023). O período com a redução mais acentuada foi de 2020 a 2022, justamente durante os anos de pandemia, quando os investimentos em saúde deveriam ser uma prioridade absoluta.

Figura 1 - Investimentos em Saúde (em R\$ bilhões)



Fonte: SIAFI in IEPS, 2023 (Valores reais corrigidos pelo IPCA de dez./2022).

Se compararmos os valores de 2015 – o último ano da gestão de Dilma Rouseff – e 2022 – o último ano da gestão de Jair Bolsonaro – a redução foi de 12 bilhões de reais, em valores absolutos. Esse severo contingenciamento foi bastante prejudicial, pois resultou na redução de recursos para toda a área da saúde, prejudicando sobretudo o SUS – Sistema Único de Saúde. Em 2023 – o primeiro ano da gestão de Luís Inácio Lula da Silva, os investimentos em saúde voltaram a subir, apresentando um aumento de cerca de 35% em relação ao ano de 2022. Contudo, o valor de 6,04 bilhões de reais ainda está muito abaixo dos valores de investimento para a área da saúde praticados até o ano de 2015, representando uma redução de 10 bilhões de reais, em valores absolutos.

2.4. PROJETOS DO MINISTÉRIO DAS CIDADES

O Ministério das Cidades foi criado em 2003 com o objetivo de promover uma gestão urbana que combatesse as desigualdades sociais, de modo a tornar as cidades espaços mais humanizados, ampliando o acesso da população à moradia, saneamento e transporte. No entanto, em 2019, este Ministério sofreu uma fusão com o Ministério da Integração Nacional, dando origem ao Ministério do Desenvolvimento Regional. Porém, em 2023, esta fusão foi desfeita e o Ministério das Cidades foi recriado.

Entre os projetos voltados para a redução de riscos de desastres executados até o ano de 2015 pelo Ministério das Cidades destaca-se o *“Plano Municipal de Redução dos Riscos”*, um projeto executado por meio do *“Programa de Urbanização, Regularização e Integração de Assentamentos Precários”*, aplicado em alguns dos mais vulneráveis municípios brasileiros, por empresas especializadas em geologia e estudos ambientais, em parceria com as Secretarias Municipais de Habitação, Urbanismo e Defesa Civil, com o apoio financeiro da Caixa Econômica Federal. Dentre as diversas ações previstas neste Programa, destacava-se a *“Ação de Apoio à Prevenção e Erradicação de Riscos em Assentamentos Precários”*, cujo objetivo consistia em apoiar os Municípios no mapeamento das áreas potencialmente em risco e na prevenção e erradicação de riscos socioambientais que atingiam a população moradora de assentamentos precários urbanos (CPRM, 2012).

Este projeto consistia em um mapeamento seguido de uma análise geotécnica detalhada das áreas potencialmente em risco nos municípios, visando identificar os processos de instabilização, tendo como foco os riscos de deslizamentos, enchentes e inundações. O levantamento incluía fotografias, plantas e mapas. Para o desenvolvimento dos projetos eram realizadas também audiências públicas com setores da economia local e representantes das comunidades envolvidas. E, ao final do estudo técnico eram apresentadas aos municípios propostas para a adoção de medidas estruturais de prevenção e gestão do risco. Este era um projeto de grande relevância, visto que a maioria dos municípios do país não dispõe de recursos financeiros suficientes para contratar estudos técnicos como esses, extremamente necessários para identificar possíveis áreas de risco antes de acontecimentos catastróficos.

Atualmente, em 2023, o Ministério das Cidades conta com o *Departamento de Adaptação das Cidades à Transição Climática e Transformação Digital*, da Secretaria

Nacional de Desenvolvimento Urbano e Metropolitano. Este departamento tem por objetivo desenvolver e implementar a política nacional de adaptação das cidades à transição climática, de acordo com as diretrizes governamentais voltadas para a adaptação às mudanças climáticas e o desenvolvimento econômico sustentável (MINISTÉRIO DAS CIDADES, 2023).

2.5. PROJETOS DO MINISTÉRIO DA INTEGRAÇÃO NACIONAL

O Ministério da Integração Nacional foi criado em 1999 e teve suas competências ampliadas em 2006, quando passou a incorporar o *SINPDEC – Sistema Nacional de Defesa Civil* – órgão responsável pela coordenação das ações de proteção e defesa civil em todo o território nacional, por meio da *SEDEC – Secretaria Nacional de Proteção e Defesa Civil*. A SEDEC atua junto às Secretarias Estaduais e Municipais de Defesa Civil, monitorando áreas de risco e efetuando ações de treinamento e capacitações, com o objetivo de tornar cidadãos capazes de atuar em situações de emergência. Em 2012, o governo federal, criou a *Política Nacional de Proteção e Defesa Civil*, na Lei nº 12.608/2012, que estabelece os “*Planos de Gerenciamento de Riscos de Desastres*”, que continham diretrizes e ações voltadas para a prevenção, recuperação e resposta a situações de emergências e desastres (MINISTÉRIO DA INTEGRAÇÃO NACIONAL, 2012).

A SEDEC, passou então a atuar em parceria com o *CENAD – Centro Nacional de Gerenciamento de Riscos e Desastres* e com o *CICC – Centro Integrado de Comando e Controle*, do Governo do Estado do Rio de Janeiro e também ao *CEMADEN – Centro Nacional de Monitoramento e Alerta de Desastres Naturais*, ligado ao Ministério da Ciência e Tecnologia. E todos esses centros de monitoramento e alerta passaram a atuar de modo interligado para informar à população e às autoridades sobre a iminência de chuvas fortes e do perigo, com o objetivo de reduzir danos e prejuízos causados por desastres hidrometeorológicos.

No entanto, em 2019 o Ministério da Integração Nacional sofreu uma fusão com o Ministério das Cidades, dando lugar ao *Ministério do Desenvolvimento Regional*. Mas, em 2023, a fusão com o Ministério das Cidades foi desfeita e o Ministério da Integração Nacional passou a ser *Ministério da Integração e do Desenvolvimento Regional*.



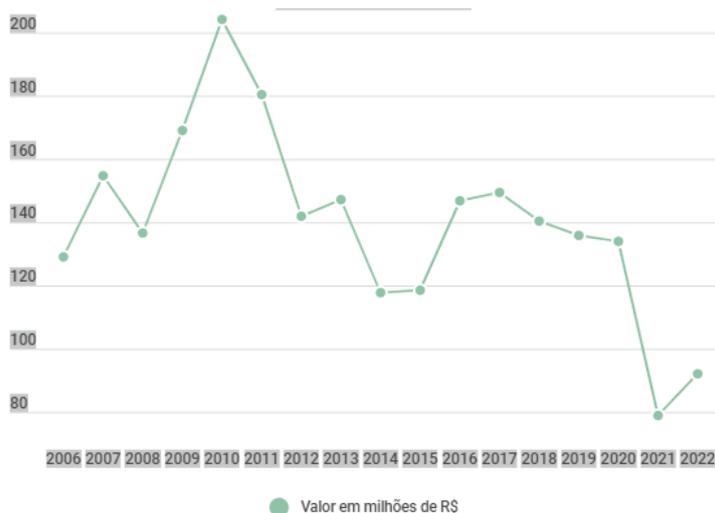
2.6. PROJETOS DO MINISTÉRIO DA CIÊNCIA, TECNOLOGIA E INOVAÇÃO

O *Ministério da Ciência e Tecnologia* foi criado em 1985, representando um importante passo para a promoção da ciência e tecnologia no país. A criação deste Ministério veio atender a um antigo anseio da comunidade científica nacional, com a criação do *CNPq - Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico* e do *Fundo Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico – FNDCT*. Mas em 2016, este Ministério, que havia sido renomeado como o *Ministério da Ciência, Tecnologia e Inovação* sofreu, uma fusão com o “Ministério das Comunicações”, dando lugar ao *Ministério da Ciência, Tecnologia, Inovações e Comunicações - MCTIC*. Assim, a pasta sofreu uma redução de cerca de 50% de sua verba total, que era de R\$ 6,55 bilhões em 2015 e, após a fusão, passou a ser de R\$ 3,5 bilhões.

No entanto, em 2020, o governo federal decidiu recriar o Ministério das Comunicações, separando-o do MCTIC. A pasta foi renomeada então, como *Ministério da Ciência, Tecnologia e Inovações - MCTI*, mas apesar disso, o MCTI teve o valor de sua verba novamente reduzido, chegando a uma redução de 58%, em relação a 2015. Conseqüentemente, todos os órgãos ligados ao MCTI tiveram seus orçamentos também reduzidos. O *FNDCT*, órgão responsável pelo financiamento do desenvolvimento e inovação científica e tecnológica, sofreu um corte orçamentário de cerca de 83% neste período. E o *CNPQ*, responsável pela distribuição de bolsas de pesquisa, teve uma redução de 63% de seu orçamento, prejudicando todos os projetos de pesquisa ligados a esse órgão no país (MCTI *in* ELOS/UEPG, 2021).

O *INPE - Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais*, um importante órgão do MCTI, que realiza o monitoramento por satélite dos grandes biomas do país, como a Amazônia, pampa, pantanal, mata atlântica e caatinga; com atuação nas áreas de meteorologia e mudanças climáticas, observação da Terra, ciências atmosféricas, gerenciamento de desastres, monitoramento dos desmatamentos, das queimadas e das áreas de seca no país – também sofreu uma grave redução orçamentária, sendo a mais acentuada em 2021 (Figura 2).

Figura 2 - Histórico de Orçamento do INPE – de 2006 a 2022.



Fonte: INPE in O ECO, 2022.

Esta severa redução resultou na interrupção de vários projetos, inclusive no desligamento do supercomputador Tupã, capaz de traçar cenários climáticos com até 50 anos de antecedência, o que representou uma grande perda para o país (O ECO, 2022).

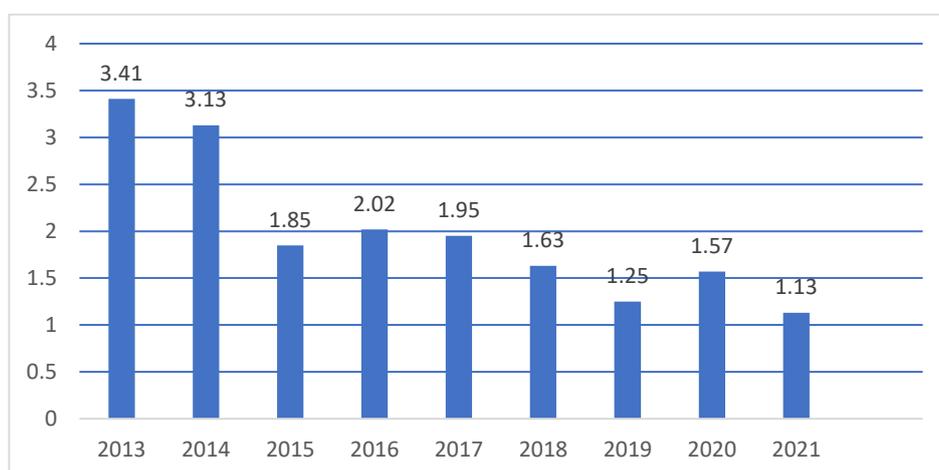
O CEMADEN - Centro de Monitoramento e Alerta de Desastres Naturais, também ligado ao MCTI, apesar de ser um dos principais centros de pesquisa e monitoramento dos riscos de desastres no país, teve seu orçamento constantemente reduzido desde sua criação, em 2012 (ALVIM/ BBC News Brasil, 2022). Devido ao corte orçamentário, o CEMADEN precisou recolher, em 2017, as ETRs – Estação Total Robotizada – modernos equipamentos para detecção de movimentos de massa, que haviam sido instalados em nove municípios-piloto no país, em 2015. Estes equipamentos foram instalados com o objetivo de gerar o alerta precoce, para que fosse possível evacuar com antecedência áreas com potenciais risco de deslizamento de terra. No entanto, foi necessário recolher os equipamentos, porque estes precisavam de constante calibração em laboratório e o CEMADEN não contava com verba suficiente para isso (ALVIM/ BBC News Brasil, 2022). Infelizmente, um dos municípios que tiveram as ETRs recolhidas foi Petrópolis, onde após fortes chuvas, deslizamentos de terra levaram mais de 200 pessoas à morte, em fevereiro e Março de 2022, conforme citado anteriormente.

3. A REDUÇÃO DOS RECURSOS DA UNIÃO PARA PROJETOS DE PREVENÇÃO DE DESASTRES

Conforme foi mostrado, houve considerável empenho e liberação de recursos financeiros por parte do Governo Federal, entre os anos de 2011 e 2015, no sentido de reduzir o risco de desastres no país. Mas, a partir de 2015, com a implementação da política de ajuste fiscal no país, houve uma acentuada redução dos repasses de verbas para setores importantes da administração pública e uma significativa redução de recursos financeiros destinados a ações estruturais voltadas para a prevenção de desastres, o que inviabilizou a manutenção dos projetos existentes e impediu o desenvolvimento de novos projetos (Figura 3).

Figura 3 – Recursos do Governo Federal para a prevenção de desastres de 2013 a 2021.

(Em bilhões de reais)



Fonte: Elaboração própria com dados da Agência Contas Abertas in G1, 2022.

Segundo a Agência Contas Abertas, em 2013 e 2014 foram aplicados mais de 3 bilhões ao ano de recursos financeiros oriundos do governo federal, na prevenção de desastres, mas a partir de 2015 – após o ajuste fiscal – o repasse de verbas para esse fim sofreu uma acentuada redução em relação ao período anterior. E, em 2021 a verba voltou a cair, chegando a um terço do valor de 2013 (G1, 2022).

Os anos do governo do ex-presidente Jair Bolsonaro representaram queda expressiva no financiamento de ações para prevenção e resposta a desastres naturais. Na gestão direitista, o Brasil teve as menores previsões orçamentárias para a área, desde 2010.

No primeiro ano de sua gestão, Jair Bolsonaro definiu que o investimento para prevenir grandes tragédias naturais e socorrer municípios em situação emergencial seria

de 1,2 bilhão. Em 2020, o valor subiu um pouco e chegou a R\$ 1,5 bilhão. Ainda assim, ficou abaixo do que foi aplicado em gestões anteriores.

No *Projeto de Lei Orçamentária Anual – PLOA*, que deixou para 2023, o investimento para redução de desastres teve corte de 95% a 99%. Também havia previsão de enxugamento de 94% nos valores destinados à execução de projetos e obras de contenção de encostas em áreas urbanas.

A falta de recursos compromete gravemente a execução de políticas públicas adequadas. E, todo esse processo inviabilizou a cultura da prevenção, pois as intervenções urbanas necessárias, como as ações de mitigação das vulnerabilidades urbanas com intervenções em áreas de risco, planos de ordenamento territorial e controle e fiscalização de áreas de proteção ambiental – projetos estruturais necessários, que poderiam prevenir problemas e evitar situações de desastres, não têm sido executados como medidas de prevenção de riscos e sim somente após a ocorrência de eventos adversos, aplicados como ações de recuperação pós-desastre, com a verba repassada compulsoriamente pela União. Esta postura caracteriza uma eterna gestão de crises, ao invés da priorização da gestão de riscos. E isso significa um grande retrocesso na área de redução de riscos de desastres no país.

Com a implementação de projetos voltados para a redução e mitigação de vulnerabilidades urbanas e ambientais, o governo não só estaria aplicando a gestão dos riscos, como também estaria otimizando a própria gestão dos gastos públicos, que poderiam ser direcionados para a correção prévia de problemas e não para soluções urgentes aplicadas somente após a ocorrência de eventos calamitosos. Esse procedimento poderia garantir também uma gestão mais justa e transparente dos recursos públicos.

3.1. PANDEMIA E GESTÃO E RISCOS DE DESASTRES

Em consonância com a Instrução Normativa, a *Classificação e Codificação Brasileira de Desastres - COBRADE* (Brasil, 2012), classifica os desastres em duas categorias: desastres naturais e tecnológicos. Dentro da categoria dos desastres naturais, encontram-se cinco grupos, dentre os quais destacamos o grupo dos desastres naturais biológicos. Estes compreendem as epidemias e infestações/pragas. A COVID-19, portanto, enquadra-se nessa classificação de desastre.



No contexto de gestão de riscos de desastres, a COVID-19 no Brasil esteve inserida nas declarações de anormalidade municipais, tanto como Situação de Emergência (SE), quanto como Estado de Calamidade Pública (ECP).

A situação de Emergência indica um cenário em que o município está com a sua capacidade de resposta comprometida, enquanto o Estado de Calamidade Pública indica o cenário em que o município está com a sua capacidade de resposta substancialmente comprometida. Conforme a COBRADE, tais declarações de anormalidade são registradas como doenças infecciosas virais, as quais aumentaram de três registros em 2019 para mais de 4 mil registros em 2020 e mais de 3 mil em 2021.

De acordo com os dados obtidos a partir do *Sistema Integrado de Informações sobre Desastres - S2ID*, 4.411 municípios brasileiros decretaram pelo menos uma vez ou Situação de Emergência ou Estado de Calamidade Pública entre 2020 e 2021 por conta da COVID-19, totalizando aproximadamente 80% do total de municípios estabelecidos no território nacional.

No Brasil, vivenciamos um processo contraditório, confuso e exaustivo no trato cotidiano da pandemia gerada pelo SARS-COV2. Pode-se observar a discrepância entre as regiões: enquanto sul e centro-oeste receberam de recursos, cerca de R\$ 25 mil por caso, o sudeste, norte e o nordeste foram contemplados, em média, com R\$ 9,6 mil por caso.

Comparações entre estados também apontam algumas distorções relevantes. Na região nordeste, a Bahia recebeu a maior fatia dos recursos, apesar de estar em uma posição mais confortável em número de casos e óbitos, quando comparados com os estados de Ceará e de Pernambuco.

A formulação de políticas públicas para prevenção e preparação é, portanto, um dos principais desafios a serem vencidos também neste tipo de evento.

4. CONCLUSÃO

Conforme foi apresentado neste trabalho, o governo federal brasileiro apresentou, entre os anos de 2011 e 2015, um grande empenho no sentido de implementar projetos voltados para a redução de riscos de desastres no país. No entanto, a partir de 2015, houve uma acentuada redução dos repasses de verbas do governo federal para esses e outros projetos, devido à política de ajuste fiscal

implantada no país. Vários projetos foram extintos e centros de pesquisa que realizam o monitoramento ambiental tiveram suas verbas reduzidas, tornando-se quase impossível realizar o trabalho que faziam antes.

O corte orçamentário por parte do governo federal comprometeu a execução de políticas públicas que priorizam a gestão de riscos de desastres, inviabilizando o uso de equipamentos de ponta para fins de monitoramento e controle ambiental, que poderiam gerar alertas precoces de secas, queimadas e desmatamentos e a detecção precoce de deslizamentos de terra. Tais equipamentos foram desligados ou recolhidos por falta de verba – o que representa uma perda inestimável para o país. E é inevitável supor que, caso estes equipamentos estivessem em operação, algumas tragédias poderiam ter sido evitadas.

É possível constatar, portanto, que no período de 2016 a 2022 não houve por parte do governo federal brasileiro um empenho no sentido de implementar ações de monitoramento, controle e redução de riscos de desastres ambientais no país. Torna-se necessário, portanto, reverter esse quadro, com a retomada de ações de prevenção e alerta de desastres e apoio às instituições que realizam o monitoramento e controle ambiental. E uma das prioridades deve ser o apoio logístico aos municípios para a realização de um planejamento de ações voltadas para as soluções dos graves problemas estruturais urbanos no Brasil, que sinalizam a iminência de uma tragédia anunciada. Pois, devido às mudanças climáticas, os eventos hidrometeorológicos têm ocorrido com frequência e magnitudes cada vez mais altas. E, a cada ocorrência de chuvas fortes vemos tragédias acontecerem.

O Brasil possui centros de pesquisa equipados com aparelhos modernos, com capacidade de detectar alterações climáticas, meteorológicas e geológicas com antecedência e dispõe de profissionais qualificados para operá-los mas, infelizmente, nos últimos anos, não teve verbas suficientemente disponibilizadas para a manutenção desses equipamentos. E isso representou um grave retrocesso em todos os avanços conquistados na área da redução dos riscos de desastres e monitoramento ambiental no país durante o período de 2011 a 2015.



REFERÊNCIAS

AGÊNCIA CONTAS ABERTAS. **Orçamento Federal não Prioriza Prevenção a Desastres Naturais**. Publicado em 02/01/2017. Disponível em: <[Http://www.contasabertas.com.br/agenciacontasabertas.com.br/noticia/orcamento-federal-nao-prioriza-prevencao-a-desastres-naturais](http://www.contasabertas.com.br/agenciacontasabertas.com.br/noticia/orcamento-federal-nao-prioriza-prevencao-a-desastres-naturais)>. Acesso em: Abril de 2022.

AGÊNCIA SENADO. **Publicada MP que extingue a Funasa**. Por: Agência Senado, em 02/01/2023. Disponível em: <https://www12.senado.leg.br/noticias/materias/2023/01/02/publicada-mp-que-extingue-a-funasa>. Acesso em: 23/05/2023.

ALVIM, M./BBC NEWS BRASIL. **Centro nacional que monitora desastres naturais teve menor orçamento da história em 2021, diz diretor**. BBC News Brasil, 18 de Fevereiro de 2022. Disponível em: <https://www.bbc.com/portuguese/brasil-60426946>. Acesso em: Abril de 2022.

APEX BRASIL. **Fundo Amazônia: Alemanha e Noruega voltam a investir na preservação ambiental no Brasil**. Publicado em Janeiro de 2023. Disponível em: https://portal.apexbrasil.com.br/relacoes_comerciais/fundo-amazonia-alemanha-e-noruega-voltam-a-investir-na-preservacao-ambiental-no-brasil/. Acesso em Maio de 2023.

CEPEDES/Fiocruz – **Centro de Estudos e Pesquisas em Emergências e Desastres em Saúde da Fiocruz**. Disponível em: <andromeda.ensp.fiocruz.br/desastres>. Acesso em: Maio de 2016.

CPRM – SERVIÇO GEOLÓGICO DO BRASIL. **Plano Nacional de Gestão de Riscos e Resposta a Desastres Naturais**. Publicado em 2012. Disponível em: http://www.cprm.gov.br/publique/media/gestao_territorial/plano_nac_risco.pdf. Acesso em: Maio de 2023.

DOURADO, F., ARRAES, T.C., SILVA, M.F. **O Megadesastre da Região Serrana do Rio de Janeiro - as Causas do Evento, os Mecanismos dos Movimentos de Massa e a Distribuição Espacial dos Investimentos de Reconstrução no Pós-Desastre**. Anuário do Instituto de Geociências – UFRJ - Vol. 35 - 2 / p.43-54. Rio de Janeiro, 2012.

ELOS/UEPG. **Orçamento de Ciência, Tecnologia e Inovações tem redução de 58% desde 2015**. Publicado em 22/7/2021. Disponível em:<<https://elos.sites.uepg.br/posts/orcamento-de-ciencia-tecnologia-e-inovacoes-tem-reducao-de-58-desde-2015>>. Acesso em Março de 2022.

FECAM - Fundo Estadual de Conservação Ambiental e Desenvolvimento Urbano, da Secretaria de Estado do Ambiente/ Governo do Estado do Rio de Janeiro. **Relatório Anual – 2020**. Disponível



em:<http://www.fecam.rj.gov.br/dwld2/Relatorio_Anual_2020.pdf>. Acesso em: Março de 2022.

G1. Investimento do governo federal em prevenção de desastres naturais tem caído há dez anos. Publicado em: 23/02/2022. Disponível em: <<https://g1.globo.com/jornal-nacional/noticia/2022/02/23/investimento-do-governo-federal-em-prevencao-de-desastres-naturais-tem-caido-ha-dez-anos.ghtml>>. Acesso em: Abril de 2022.

IEPS – Instituto de Estudos para Políticas em Saúde. **Orçamento da Saúde cresceu apenas 2,5% em 10 anos, revela pesquisa do IEPS e Umane - Crescimento é baixo e indica estagnação do orçamento destinado à Saúde.** Publicado em: 8/Maio/2023. Disponível em: < <https://ieps.org.br/orcamento-da-saude-cresceu-apenas-25-em-10-anos-revela-pesquisa-do-ieps-e-umane/>>. Acesso em: Maio/ 2023.

IPCC - Intergovernmental Panel on Climate Change. **Climate Change 2022 - Impacts, Adaptation and Vulnerability** - Working Group II Contribution to the Sixth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change. IPCC, Switzerland, 2022. Disponível em: <<https://www.ipcc.ch/report/ar6/wg2/>>. Acesso em: Abril de 2022.

MACHADO, Jorge Mesquita Huet et al. **Vigilância em saúde ambiental e do trabalhador: reflexões e perspectivas.** Cadernos de Saúde Coletiva, Rio de Janeiro, v. 19, n.4, p. 399-406, 2011.

MARICATO, Ermínia; OGURA, Agostinho Tadashi; T., COMARÚ, Francisco. **Crise Urbana, Produção do Habitat e Doença.** In: SALDIVA, P. (org.) Meio Ambiente e Saúde: o desafio das Metrôpoles – São Paulo, Ex-Libris Comunicação Integrada, 2010.

MINISTÉRIO DA INTEGRAÇÃO NACIONAL. **Política Nacional de Proteção e Defesa Civil – PNPDEC.** Instituída pela Lei nº 12.608 de 10 de abril de 2012. Disponível em: <<http://www.mi.gov.br/defesa-civil/pnpdec>>. Acesso em: Maio de 2014.

MINISTÉRIO DAS CIDADES. **Competências da Secretaria Nacional de Desenvolvimento Urbano e Metropolitano.** Publicado em 09/02/2023. Disponível em: < <https://www.gov.br/cidades/pt-br/acao-a-informacao/institucional/competencias/secretaria-nacional-de-desenvolvimento-urbano-e-metropolitano>>. Acesso em: Maio de 2023.

MINISTÉRIO DA SAÚDE. **Enchentes.** Secretaria de Vigilância em Saúde/ Publicações, 2022. Disponível em: <<https://www.gov.br/saude/pt-br/centrais-de-conteudo/publicacoes/publicacoes-svs/enchentes>>. Acesso em: março de 2022.

O ECO. **Mesmo com recomposição, orçamento do INPE para 2022 cai 32% em relação a 2020.** Publicado em 17/02/2022. Disponível em:

<<https://oeco.org.br/noticias/mesmo-com-recomposicao-orcamento-do-inpe-para-2022-cai-32-em-relacao-a-2020>>. Acesso em: Abril de 2022.

ORGANIZAÇÃO PANAMERICANA DE SAÚDE - OPAS e MINISTÉRIO DA SAÚDE. **Desastres Naturais e Saúde no Brasil**. FREITAS, Carlos Machado de; CORVALAN, Carlos; SILVA, Eliane Lima e (orgs.). Série Desenvolvimento Sustentável e Saúde 2. Organização Pan-Americana da Saúde/ Ministério da Saúde. Brasília – DF, Brasil, 2ª edição, 2015.

SILVA, Cláudia G. Thaumaturgo da. **Vulnerabilidades e Desastres: reconstrução e resiliência**. Tese apresentada ao Programa de Dinâmica dos Oceanos e da Terra, do Departamento de Geologia e Geofísica, da Universidade Federal Fluminense, como requisito para a obtenção do grau de Doutora. Sob a orientação do Prof. DSc. José Antônio Baptista Neto, do IGEO/ UFF e coorientação do Prof. DSc. Carlos Machado de Freitas, da ENSP/Fiocruz. Instituto de Geociências/ UFF. Niterói, 2018.

SILVA, Cláudia Gonçalves Thaumaturgo da Silva; SEABRA, Lilia dos Santos; BAPTISTA NETO, José Antonio; FREITAS, Carlos Machado de; Santos, Márcia Pinheiro dos; Nascimento, Marília Teresa Lima do; Santos, Ana Dalva de Oliveira. **Análise dos Programas Governamentais voltados para a Redução de Riscos e Recuperação Pós-desastres na Região Serrana do Estado do Rio de Janeiro**. In: Redução de riscos de desastres: métodos e práticas. Org.: Jéssica Aparecida Prandel. Ponta Grossa -PR: Atena Editora, p.40-56, 2019.

WORLD BANK. **Cities and Flooding – A Guide to Integrated Urban Flood Risk Management for the 21st Century**. World Bank, Washington D. C., 2012.

O DIAGNÓSTICO TURÍSTICO NO PROCESSO DE ELABORAÇÃO DE PROJETOS DE SINALIZAÇÃO DE ORIENTAÇÃO TURÍSTICA: CASO DE POLO SERRANO (RN)

TOURISM DIAGNOSIS IN THE PROCESS OF ELABORATION OF TOURIST GUIDANCE SIGN PROJECTS: CASE OF POLO SERRANO (RN)

DOI: 10.51859/ampla.mas3200-7

Emanoel Silva de Amorim ¹
Diogo Cavalcanti Oliveira ²
José Allef Ferreira Dantas ³
Hugo Leonardo França Silva ⁴

¹ Graduação em Arquitetura e Urbanismo (ESUDA, 2014); Mestrando em Engenharia Civil no Programa de Engenharia Civil (Escola Politécnica da Universidade de Pernambuco ? POLI /UPE). Atualmente é pesquisador do POLITECH - Grupo de Ensino, Pesquisa e Extensão em Tecnologia e Gestão da Construção de Edifícios (POLI/UPE), Especialista em: Gestão de Obras e Projetos, Arquitetura e Patrimônio, Mobilidade Urbana e Transporte. Com MBA em Gerenciamento de Projetos (PMI).

² Possui graduação em Engenharia Civil pela Universidade de Pernambuco (2014). Tem experiência na área de Engenharia Civil, com ênfase em Estruturas em concreto armado e protendido, gerenciamento de projetos e Recuperação estrutural. Pós-Graduação em Estruturas de concreto e fundação, INBEC, e MBA em Gerenciamento de Projetos pela FGV. Certifica pelo PTI - Unboded PT.

³ Mestrando no Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil da Escola Politécnica da Universidade de Pernambuco (PEC/POLI/UPE), área de concentração em Engenharia Civil com ênfase em propriedades mecânicas dos materiais sob a ação de contaminantes. Possui especialização em Inspeção, Manutenção e Recuperação de Estruturas pela Escola Politécnica da Universidade de Pernambuco - POLI/UPE (2021), Engenheiro Civil graduado pelo Centro Universitário Maurício de Nassau (2020), além de formação técnica em Edificações pelo Serviço Nacional de Aprendizagem Industrial - SENAI (2016).

⁴ Arquiteto e Urbanista, especialista em projetos urbanísticos, atualmente trabalha na Autarquia de urbanização do Recife – URB.

RESUMO

A estratégia de sinalização é basicamente a definição de como pedestres e usuários de veículos podem utilizar a infraestrutura local, para atingir os atrativos existentes por meio da escolha dos melhores trajetos. Partindo-se da abrangência e do conhecimento que a população tem desses atrativos, é possível selecioná-los e hierarquizá-los. O presente trabalho tem objetivo de apresentar as etapas metodológicas e resultados obtidos no processo de elaboração do diagnóstico turístico do projeto de sinalização de orientação turística do Polo Turístico Serrano, situado no estado do Rio Grande do Norte, realizado durante o período

de setembro/2015 a junho/2016. Utilizando a metodologia de pesquisa subdividida em duas partes: a identificação dos atrativos turísticos e a sua hierarquização, seguindo as diretrizes no relatório de roteirização turística descritas no Módulo 7 (MTur, 2007). Através do diagnóstico turístico foram identificados 46 atrativos, sendo considerados viáveis com pequenas adequações apenas 05 atrativos. Além disso, 29 atrativos foram considerados viáveis com grandes adequações e 12 atrativos sendo inviáveis. Dessa forma, conclui-se que diagnóstico turístico é uma ferramenta imprescindível de planejamento, tendo como premissa a investigação do fenômeno turístico sob

diferentes ângulos de observação, ou seja, sob a forma de segmentos de mercado.

Palavras-chave: Sinalização Turística. Roteirização Turística. Atrativo Turístico.

ABSTRACT

The signaling strategy is basically the definition of how pedestrians and vehicle users can use the local infrastructure, to reach the existing attractions by choosing the best routes. Based on the scope and knowledge that the population has about these attractions, it is possible to select and rank them. The present work aims to present the methodological steps and results obtained in the process of elaborating the tourist diagnosis of the tourist orientation signage project of the Polo Turístico Agreste/Trairí, located in the state of Rio Grande

do Norte, carried out during the period of September/ 2015 to June/2016. Using the research methodology divided into two parts: the identification of tourist attractions and their hierarchy, following the guidelines in the tourist routing report described in Module 7 (MTur, 2007). Through the tourist diagnosis, 46 attractions were identified, being considered viable with small adjustments only 05 attractions. In addition, 29 attractions were considered viable with major adaptations and 12 attractions being unfeasible. Thus, it is concluded that tourist diagnosis is an essential planning tool, having as its premise the investigation of the tourist phenomenon from different angles of observation, that is, in the form of market segments.

Keywords: Tourist Signs; Tourist Routing; Tourist Attractiveness.

1. INTRODUÇÃO

Atualmente, “os sistemas de sinalização do trânsito foram se tornando mais complexo e onipresente, atendendo a demanda do usuário de se localizar e de fornecer o melhor acesso às atrações e recursos turísticos de um território” (RODRIGUES; AMORIM, 2018, p. 181). Por isso, a sinalização de orientação turística (SOT) surgiu com o objetivo de proporcionar informações e contribuir ao processo de difusão do conhecimento e do desenvolvimento dos atrativos e da atividade turística, potencializando a geração de empregos e divisas, além de permitir a democratização do acesso ao bem cultural e sua consequente valorização pela comunidade à qual pertence (MORAES, 2010; AMORIM; SAMPAIO; SILVA, 2022).

Dessa forma, para atender aos usuários em seus diversos deslocamentos é necessário o estabelecimento de critérios específicos, por meio da padronização e da sequência de mensagens apresentadas nas SOT (AMORIM; GOMES, 2017; AMORIM *et al.*, 2022), as quais se tornam dispositivos que facilitam o deslocamento e a acessibilidade aos atrativos turísticos e aos equipamentos de interesse dessa atividade, se integrando a infraestrutura necessária ao turismo local (SILVA; CASTRO, 2017; AMORIM *et al.*, 2023). Entretanto, “a sinalização vertical de orientação turística, quando existente, é muitas vezes insuficiente e sem padronização, dificultando aos usuários a compreensão das mensagens” (EMBRATUR, DENATRAN, IPHAN, 2001, p. 20). Para



tanto, com base nos planejamentos regional, urbano e turístico, assim como na política de preservação, devem ser formuladas diretrizes que resguardem seus valores, incentivem o turismo responsável e contemplem as atrações existentes (EMBRATUR, DENATRAN, IPHAN, 2001).

Portanto, deve ser feito o diagnóstico turístico, que é conhecido por apresentar um levantamento criterioso dos atrativos existentes em cada localidade, identificando o potencial turístico e as condições oferecidas para recebimento do público-alvo. Sendo avaliada a sua distribuição na área a ser sinalizada, observando se estão dispersos ou concentrados, ou se ocorre as duas situações (RODRIGUES; AMORIM, 2018). E posteriormente, os atrativos identificados são hierarquizados de acordo com os critérios de atratividade, atendimento e abrangência dentro da região, do município, ao longo de uma rodovia ou de outro sistema viário de importância, levando em consideração o segmento de turismo promovido pelos atrativos, orientando a seleção e a ordenação das mensagens nas placas de sinalização (EMBRATUR, DENATRAN, IPHAN, 2001).

Dito isso, o presente trabalho tem objetivo de apresentar as etapas metodológicas e resultados obtidos no processo de elaboração do diagnóstico turístico do projeto de sinalização de orientação turística do Polo Turístico Serrano, situado no estado do Rio Grande do Norte, realizado durante o período de setembro/2015 a junho/2016.

2. METODOLOGIA

2.1. ETAPA 01 – IDENTIFICAÇÃO DOS ATRATIVOS TURÍSTICOS

A identificação dos atrativos com potencial turístico no polo foi iniciada a partir da pesquisa em dados secundários, tendo a pesquisa inicial constado, ademais, de conversas com a Secretaria de Turismo do RN, a fim de buscar mais informações concernentes ao polo. Também, frente ao levantamento preliminar de atrativos, foram realizadas reuniões com a Secretaria a fim de ratificar os potenciais atrativos a serem visitados, os quais poderiam sofrer alterações a partir da observação in loco.



Figura 01 – Modelo de formulário de identificação de atrativos

IGREJA MATRIZ DE NOSSA SENHORA DO AMPARO



DESCRIPTIVO DAS ESPECIFICIDADES DO ATRATIVO:
A Igreja Matriz de Nossa Senhora do Amparo promove a realização de sacramentos, eventos religiosos, e ações sociais.

NOME POPULAR: MATRIZ DE NOSSA SENHORA
 CNPJ: 08.026.122/0029-60
 CATEGORIA: C.2. ATRATIVOS CULTURAIS
 TIPO: C.2.13. ARQUITETURA RELIGIOSA
 SUBTIPOS: C.2.13.1. IGREJA
 NATUREZA: PRIVADA
 TIPO DE ORGANIZAÇÃO/ INSTITUIÇÃO: ASSOCIAÇÃO
 LOCALIZAÇÃO: URBANA
 LATITUDE: 6°22'58,01"
 LONGITUDE: 36°12'55,78"
 ENDEREÇO: PRAÇA JOSÉ PEDRO DE FARIAS, CENTRO - CEP: 59.220-000
 ENDEREÇO ELETRÔNICO: pe.otto@ig.com.br e og.vieira@uol.com.br
 SÍTIIO ELETRÔNICO (SITE/ PÁGINA WEB): N/L

POTENCIAL DE ATIVIDADE DO ELEMENTO:	01
GRAU DE USO ATUAL:	02
REPRESENTATIVIDADE:	01
APOIO LOCAL E COMUNITÁRIO:	03
ESTADO DE CONSERVAÇÃO DA PAISAGEM CIRCUNDANTE:	01
INFRAESTRUTURA:	02
ACESSO:	03
PONTUAÇÃO TOTAL:	15

OBSERVAÇÕES
O horário de funcionamento nas terças, quintas e sextas às 19h, aos sábados às 19h, aos domingos às 19h e na primeira Sexta de cada mês às 06h30.

REFERÊNCIAS
Observações *in loco*.

LEGENDA

<ul style="list-style-type: none"> 1. Paisagem de interesse 2. Paisagem urbana 3. Paisagem rural 4. Paisagem natural 5. Paisagem cultural 6. Paisagem histórica 7. Paisagem urbana 	<ul style="list-style-type: none"> 1. Paisagem urbana 2. Paisagem rural 3. Paisagem natural 4. Paisagem cultural 5. Paisagem histórica 6. Paisagem urbana 7. Paisagem urbana 	<ul style="list-style-type: none"> 1. Paisagem urbana 2. Paisagem rural 3. Paisagem natural 4. Paisagem cultural 5. Paisagem histórica 6. Paisagem urbana 7. Paisagem urbana 	<ul style="list-style-type: none"> 1. Paisagem urbana 2. Paisagem rural 3. Paisagem natural 4. Paisagem cultural 5. Paisagem histórica 6. Paisagem urbana 7. Paisagem urbana
---	---	---	---



Diagnóstico Turístico
Polo Agreste/ Trairi

Coronel Ezequiel

Coordenador
atp
integrabilidade
Premier

Codificação:
01-2402808.01

Fonte: Consórcio ATP/PREMIER (2016).

Antes da realização da coleta de dados in loco e articulação de conversas com atores locais, foi definida uma estratégia de visitação a qual contou com o apoio da Secretaria de Turismo do RN, inclusive, posteriormente no acompanhamento das atividades de campo.

Para a realização da coleta de dados in loco, foi utilizado como referência o guia do Inventário da Oferta Turística (MTur, 2011), elaborado pelo Ministério do Turismo, o qual visa contribuir na estruturação do turismo sustentável, orientando e auxiliando no processo de dimensionamento da atividade turística. Para tanto, foram utilizados os formulários relativos aos atrativos identificados e manual operacional (conforme modelo apresentado na Figura 01), também disponibilizados pelo MTur, a fim de auxiliar na categorização e levantamento das informações dos equipamentos nos municípios visitados.

2.2. ETAPA 02 – HIERARQUIZAÇÃO DOS ATRATIVOS TURÍSTICOS

Após a sistematização dos atrativos com potencial turístico nos polos, realizou-se o processo de hierarquização, o qual teve como base a metodologia no MTur apresentada no relatório de Roteirização Turística (Módulo 7 – MTur, 2007), e que

entende enquanto atrativos turísticos: locais, objetos, equipamentos, pessoas, fenômenos, eventos ou manifestações que tenham a capacidade de motivar o deslocamento de pessoas para conhecê-los (MTur, 2007). A metodologia sugerida pelo MTur é uma adaptação daquela utilizada pela Organização Mundial do Turismo (OMT) e pelo Centro Interamericano de Capacitação Turística (CICATUR) para a hierarquização de atrativos turísticos.

Figura 02 – Critérios de avaliação do potencial de atratividade

Hierarquização	Caracterização
3 (Alto)	É todo atrativo turístico excepcional e de grande interesse, com significação para o mercado turístico internacional, capaz de, por si só, motivar importantes correntes de visitantes, atuais e potenciais.
2 (Médio)	Atrativos com aspectos excepcionais em um país, capazes de motivar uma corrente atual ou potencial de visitantes deste país ou estrangeiro, em conjunto com outros atrativos próximos a este.
1 (Baixo)	Atrativos com algum aspecto expressivo, capazes de interessar visitantes oriundos de lugares no próprio país, que tenham chegado à área por outras motivações turísticas, ou capazes de motivar fluxos turísticos regionais e locais (atuais e potenciais).
0 (Nenhum)	Atrativos sem mérito suficiente, mas que formam parte do patrimônio turístico como elementos que podem complementar outros de maior hierarquia. Podem motivar correntes turísticas locais, em particular a demanda de recreação popular.

Fonte: Roteirização Turística (MTUR, 2007)

O objetivo da aplicação dessa metodologia é auxiliar na avaliação do grau de importância dos atrativos identificados, possibilitando a priorização dos mesmos para auxiliar na tomada de decisões pelos gestores. Desse modo, foram realizadas duas etapas onde num primeiro momento foi avaliado o potencial de atratividade do elemento, conforme sua especificidade e interesse que ele pode despertar nos turistas, sendo atribuídos conceitos que variam de 0 (zero) a 3 (três), observando-se também toda a pesquisa de campo, reuniões técnicas e pesquisas secundárias. Para tanto, são considerados os seguintes critérios:

Em seguida, são avaliados outros aspectos que possibilitam a definição da hierarquia, conforme indicado a seguir:

- a. Grau de uso atual: considera o atual fluxo turístico e sua importância para o município. Por representar a situação atual, por isso difere do potencial

de atratividade. Um alto grau de uso indica que o atrativo apresenta uma utilização turística efetiva.

- b. Representatividade: fundamenta-se na singularidade ou raridade do atrativo. Quanto mais se assemelhar a outros atrativos, menos interessante ou prioritário.
- c. Apoio local e comunitário: analisa o grau de interesse da comunidade local para o desenvolvimento e disponibilidade ao público, a partir da opinião dos líderes comunitários.
- d. Estado de conservação da paisagem circundante: verifica-se, a partir da observação in loco, o estado de conservação da paisagem que circunda o atrativo.
- e. Infraestrutura: observar, in loco, a existência de infraestrutura disponível no atrativo e o estado desta.
- f. Acesso: deve-se verificar as vias de acesso existentes e as condições de uso destas.

(MTUR, 2007, p. 35)

Tais itens foram numerados 0 a 3, conforme Figura 03, tendo como parâmetro de comparação os próprios atrativos do Polo.

Figura 03 – Critérios de classificação hierárquica

CRITÉRIOS	VALORES			
	0	1	2	3
Potencial de atratividade	Nenhum	Baixo	Médio	Alto
Grau de uso atual	Fluxo turístico insignificante	Pequeno fluxo	Média intensidade de fluxo	Grande fluxo
Representatividade	Nenhuma	Elemento bastante comum	Pequeno grupo de elementos similares	Elemento singular, raro
Apoio local e comunitário	Nenhum	Apoiado por uma pequena parte da comunidade	Apoio razoável	Apoiado por grande parte da comunidade
Estado de conservação da paisagem circundante	Estado de conservação péssimo	Estado de conservação regular	Bom estado de conservação	Ótimo estado de conservação
Infraestrutura	Inexistente	Existente, porém em estado precário	Existente, mas necessitando de intervenções/ melhorias	Existente e em ótimas condições

Fonte: Roteirização Turística (MTUR, 2007)

Segundo a metodologia do MTur, os itens “potencial de atratividade” e “representatividade” devem receber a pontuação em dobro, ou seja, ter peso dois, por serem mais significativos em comparação com os demais itens avaliados.

3. CARACTERIZAÇÃO DA ÁREA

Caracterizado pelo clima ameno que varia entre 16 e 22 graus, durante boa parte do ano, o Polo Serrano está localizado no semiárido nordestino, apresentando um relevo de montanhas e grutas, os quais favorecem o ecoturismo e o turismo de aventura. Além do clima de serra, que se mostra bastante convidativo, o polo dispõe de diversas opções naturais e gastronômicas, conferindo uma experiência diferenciada associada ao calendário de eventos da região (conforme Figura 04 e 05).

Figura 04 – Lajedo Soledade, Apodi/RN



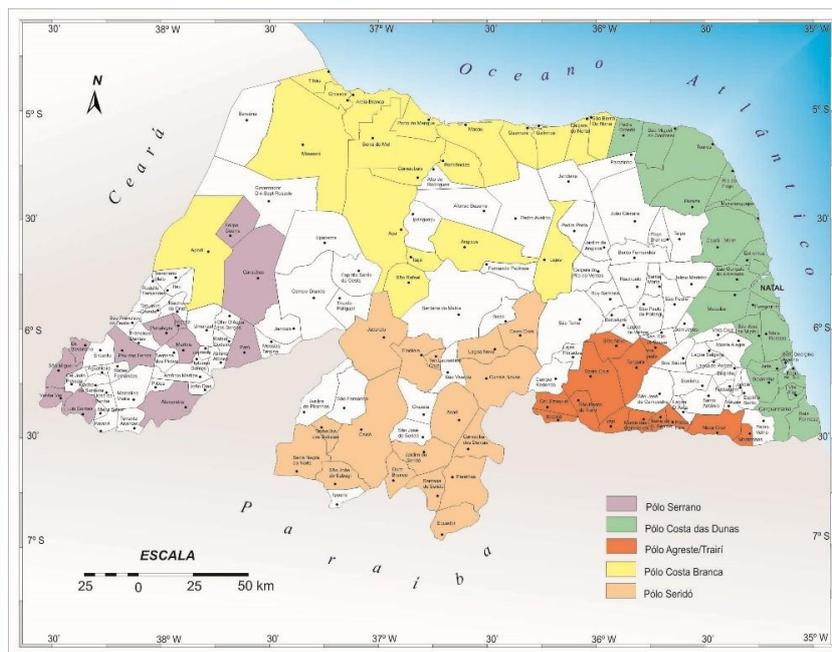
Fonte: Autores (2016).

Figura 05 – Centro Histórico de Apodi, Apodi/RN



Fonte: Autores (2016).

Figura 06 – Regiões Turísticas no Rio Grande do Norte, identificadas pelo Ministério do Turismo



Fonte: MTUR, Mapa da Regionalização do Turismo (2006).

Dentre os municípios que compõem o polo, encontram-se: Alexandria, Apodi, Caraúbas, Doutor Severiano, Frutuoso Gomes, José da Penha, Luís Gomes, Lucrecia, Martins, Major Sales, Patu, Pau dos Ferros, Portalegre, São Miguel, Serrinha dos Pintos, Riacho da Cruz, Venha Ver, Viçosa, conforme Figura 06.

4. RESULTADOS OBTIDOS

As informações apresentadas neste tópico referem-se ao levantamento in loco, realizado pela equipe de pesquisadores, onde foram identificados 92 (noventa e dois) atrativos. Na Figura 7 e 8 é apresentado o resultado da hierarquização dos atrativos turísticos do Polo.

Com base nos resultados da hierarquização dos atrativos, foram estabelecidos índices de viabilidade turística, com o objetivo de indicar quais atrativos são passíveis de receberem investimentos públicos ou privados, bem como com a finalidade de apoiar os gestores públicos e privados na tomada de decisões.

Figura 1 – Hierarquização dos atrativos (parte 01/02)

Atrativos Polo Serrano	Critérios de Hierarquização							TOTAL
	Potencial de Atratividade (X2)	Grau de Uso Atual	Representatividade	Apoio Local e Comunitário	Estado de Conservação da Paisagem Circundante	Infraestrutura	Acesso	
ALEXANDRIA								
Igreja de Nossa Senhora da Conceição	1	2	1	3	2	2	2	15
Capela de Santa Filomena	1	1	1	1	1	0	1	8
Casa de Cultura Popular	1	1	1	2	1	1	2	11
Serra da Barriguda	1	2	2	2	2	0	2	14
Serra de Santana	1	0	1	1	0	0	1	6
Escola Waldemar de Sousa Veras	1	0	0	1	1	2	2	8
Instituto Zulmirinha Veras	0	0	1	2	0	1	1	6
APODI								
Lajedo Soledade	2	2	3	3	2	2	2	21
Casa de Cultura P. Palácio Soledade	0	0	1	2	1	1	2	8
Igreja Matriz de N. S. da Conceição	1	0	1	2	1	0	2	9
Zoológico de Pedras	0	0	2	0	0	0	1	5
Barragem de Santa Cruz	1	1	1	3	1	1	1	11
Centro Histórico	1	0	2	1	1	1	2	11
CARAÚBAS								
Paróquia de São Sebastião	0	0	1	1	1	2	2	8
Casa de Cultura Popular de Caraúbas	1	0	1	2	1	1	2	10
Caseirão do Sabe Muito	1	0	1	0	0	0	1	5
Casa de Quincas Saldanha	1	0	1	0	0	0	1	5
Mercado Público de Caraúbas	0	0	1	1	2	0	2	7
Olho D'água Park Hotel	1	1	2	3	1	2	2	15
DOUTOR SEVERIANO								
Igreja de Santa Luzia	1	3	1	3	2	3	3	18
Associação Artística, Cultural e Musical	1	2	1	2	0	1	1	10
FRUTUOSO GOMES								
Casa de Cultura de Frutuoso Gomes	0	0	1	1	2	2	2	9
Trilha do Pé de Serra	1	0	2	1	1	0	1	9
Museu Mumbaça	0	0	3	2	2	0	3	13
Igreja de N. S. do Perpétuo Socorro	0	0	1	2	2	0	2	8
JOSÉ DA PENHA								
Igreja de São Francisco de Assis	0	0	1	2	2	0	2	8
Açude da Barra	1	0	1	2	0	1	2	9
Museu Cultural do Sertanejo Chico Bento	0	0	1	0	1	0	3	6
LUÍS GOMES								
Complexo Turístico Mirante	1	3	1	3	2	3	3	18
Cachoeira do Relo	1	3	1	3	3	3	2	18
Igreja de Senhora Santana	1	3	1	2	1	2	3	15
Mercado Público de Luís Gomes	0	0	1	1	1	1	2	7
Casa de Engenho	1	0	1	1	0	0	1	6
Casa de Farinha	1	0	1	1	0	0	1	6
Alto do Tabor	2	0	1	2	0	0	1	9
LUCRÉCIA								
Cruz dos Três Heróis	1	0	2	2	1	0	1	10
Açude de Lucrécia	1	0	1	1	0	0	1	6
Trilha do Mirante de São João	0	0	1	0	0	0	1	3
Casa de Eglídio Dias	1	0	2	1	1	0	2	10
Caldeirões	1	0	2	0	1	0	1	8
MARTINS								
Igreja Matriz N. S. da I. Conceição	1	2	1	2	2	3	3	16
Nicho Nossa Senhora do Livramento	0	0	1	1	1	2	2	8
Museu Histórico de Martins	2	2	2	2	1	1	2	16
Museu Cultural Demétrio Lemos	2	1	3	2	2	2	3	20
Memorial Manoel Lino de Paiva	1	2	2	1	1	2	2	14
Museu Junior Marcelino	1	1	1	1	1	0	3	10
Mirante da Carranca	1	3	2	3	3	3	3	21
Mirante do Canto	1	3	2	3	3	3	3	21
Mirante Encanto da Serra	1	3	2	3	3	3	3	21
Mirante Mãe Guilé	1	3	2	3	3	2	2	19
Cada de Pedra	2	2	3	3	2	3	1	21
Pedra Rajada	1	2	2	2	2	0	2	14
Pedra do Sapo	1	1	2	2	0	0	1	10
Trilha Pôr- do-sol	0	0	1	1	0	0	1	4
Reserva Ecológica do Senhor Clezinho	0	0	1	1	0	0	1	4

Fonte: Consórcio ATP/PREMIER (2016).

Os índices de viabilidade foram calculados tendo como base a média da pontuação de todos os atrativos do polo. A partir da média e o desvio padrão da pontuação de todos os atrativos do polo, foram definidas três faixas de corte da pontuação, a fim de classificar os atrativos em inviáveis, viáveis com grandes adequações e viáveis com pequenas adequações. Para fins deste estudo, apenas os

atrativos considerados inviáveis não são considerados como passíveis à implantação de SOT. Assim, os atrativos classificados como inviáveis, foram aqueles que possuíram pontuação abaixo do valor da média do polo, menos o desvio padrão, ou seja, atrativos com uma pontuação entre 0 e 6 pontos.

Figura 2 – Hierarquização dos atrativos (parte 02/02)

Atrativos Polo Serrano	Critérios de Hierarquização							TOTAL
	Potencial de Atratividade (X2)	Grau de Uso Atual	Representatividade	Apoio Local e Comunitário	Estado de Conservação da Paisagem Circundante	Infraestrutura	Acesso	
MAJOR SALES								
Associação Comunitária Sociocultural	0	0	1	3	2	1	2	10
Museu Cultural Francisca Dantas de Moraes	0	0	1	2	2	0	2	8
Museu Cultural Major Sales	0	1	1	3	1	1	2	10
Pontinho da Cultura	0	0	1	1	0	0	1	4
PATU								
Museu Rural de Patu	1	2	2	2	1	1	2	14
Santuário de N. S. dos Impossíveis	1	3	3	3	3	3	3	23
Igreja Matriz de N. S. das Dores	1	3	1	2	2	3	3	17
Cruzeiro de São Sebastião	1	1	1	2	1	0	1	9
Rampa de Voo Livre	2	2	3	2	1	1	2	18
Sítio Arqueológico do Jatobá	1	1	3	2	1	0	2	14
Gruta de Jesuino Brilhante	1	2	2	2	1	0	2	13
PAU DOS FERROS								
Terminal Turístico	1	2	1	2	1	1	2	12
Igreja Matriz N. S. da Conceição	1	3	2	3	3	3	3	21
Obelisco do Centenário	1	1	1	0	2	3	3	13
Praça Monsenhor Caminha	1	2	1	3	2	3	3	17
Casa de Cultura Popular	1	3	2	3	2	2	3	19
Centro de Artesanato Maria Genúria Aires Rego	1	2	1	3	2	3	3	17
Mercado Público M. Antônio Soares de Holanda	0	0	1	1	2	0	3	8
Aeroporto de Pau dos Ferros	1	0	1	1	1	2	2	10
Prefeitura de Pau dos Ferros	2	0	1	3	2	3	3	17
Capela de São Benedito	1	0	1	2	2	0	2	10
Praça de Eventos N. S. da Conceição	2	1	1	3	3	3	3	19
Barragem de Pau dos Ferros	1	0	1	1	0	0	1	6
Museu da Cultura Sertaneja	2	1	2	2	2	2	2	17
Feira Livre de Pau dos Ferros	1	0	1	1	0	0	1	6
PORTALEGRE								
Mirante da Boa Vista	0	1	1	2	1	1	1	8
Igreja de Nossa Senhora da Conceição	0	0	1	2	2	0	2	8
Mirante Alto da Serra	0	1	1	1	2	2	2	10
Mirante da Ponta da Serra	1	0	2	0	1	0	1	8
Torres de Portalegre	2	0	2	1	1	0	1	11
Casa de Câmara e Cadeia	0	0	1	0	1	0	3	6
Cachoeira do Pinga	1	1	2	1	1	1	1	11
Terminal Turístico da Fonte Bica	1	1	2	2	1	2	2	14
SÃO MIGUEL								
Açude do Jacó	0	0	1	2	0	0	1	5
Parque da Lagoa de São Miguel	1	1	1	3	1	1	2	12
Praça de São Miguel	0	0	0	2	2	1	3	8
Serra do Serrote Verde	1	1	1	1	1	0	2	9
Açude Bonito	1	0	1	1	0	0	1	6
SERRINHA DOS PINTOS								
Igreja de Nossa Senhora da Salete	1	2	1	3	2	2	3	16
Pedra do Nariz	1	2	2	2	1	0	1	12
Terminal Turístico	1	2	1	3	2	2	2	15
Lajedo de Tota	1	1	2	2	1	0	2	12
Lajedo de Bastiões	1	2	2	3	1	0	1	13
RIACHO DA CRUZ								
Trilha do Poço da Vaca	0	0	1	2	1	2	1	8
VENHA VER								
Santuário de Frei Damião	1	1	2	2	1	0	2	12
Marco das Três Fronteiras	0	0	0	0	0	0	1	1
Igreja N. S. do Perpétuo Socorro	1	0	1	1	2	0	3	10
Serra de São José	1	0	1	1	1	0	1	7
Mirante da Boa Vista	1	0	1	1	1	0	1	7
VIÇOSA								
Igreja de N. S. do Perpétuo Socorro	0	0	1	1	2	0	2	7

Fonte: Consórcio ATP/PREMIER (2016).

Os atrativos considerados viáveis com grandes adequações, foram aqueles que possuíram uma pontuação entre 7 e 14 pontos, ou seja, entre a média e mais ou menos um desvio padrão. Por conseguinte, os atrativos considerados como viáveis com pequenas adequações foram aqueles que apresentaram uma pontuação acima da média mais o desvio padrão, ou seja, pontuações entre 15 e 23 pontos.

Nas Figura 9, 10, 11 e 12 é apresentado o resultado da classificação de viabilidade, de acordo com as pontuações supracitadas:

Figura 3 – Viabilidade turística dos atrativos do Polo Serrano – viável

Viabilidade Turística dos Atrativos do Polo Serrano		
Critérios	Atrativo	Município
Viável com pequenas adequações (15 a 23)	Igreja de Nossa Senhora da Conceição	Alexandria
	Lajedo Soledade	Apodi
	Olho D'água Park Hotel	Caraúbas
	Igreja de Santa Luzia	Doutor Severiano
	Complexo Turístico Mirante	Luís Gomes
	Cachoeira do Rela	Luís Gomes
	Igreja de Senhora Santana	Martins
	Igreja Matriz N. S. da I. Conceição	Martins
	Museu Histórico de Martins	Martins
	Museu Cultural Demétrio Lemos	Martins
	Mirante da Carranca	Martins
	Mirante do Canto	Martins
	Mirante Encanto da Serra	Martins
	Mirante Mãe Guilé	Martins
	Casa de Pedra	Martins
	Santuário de N. S. dos Impossíveis	Patu
	Igreja Matriz de N. S. das Dores	Patu
	Rampa de Voo Livre	Patu
	Igreja Matriz N. S. da Conceição	Pau dos Ferros
	Praça Monsenhor Caminha	Pau dos Ferros
	Casa de Cultura Popular	Pau dos Ferros
	Centro de Artesanato Maria Genúria Aires Rego	Pau dos Ferros
	Prefeitura de Pau dos Ferros	Pau dos Ferros
	Praça de Eventos N. S. da Conceição	Pau dos Ferros
	Museu de Cultura Sertaneja	Pau dos Ferros
	Igreja de Nossa Senhora da Salete	Serrinha dos Pintos
	Terminal Turístico	Serrinha dos Pintos

Fonte: Consórcio ATP/PREMIER (2016).

Figura 4 – Viabilidade turística dos atrativos do Polo Serrano – viável com grandes adequações

Viabilidade Turística dos Atrativos do Polo Serrano		
Critérios	Atrativo	Município
Viável com grandes adequações (7 a 14)	Casa de Cultura Popular	Alexandria
	Serra da Barriguda	Alexandria
	Escola Waldemar Sousa Veras	Alexandria
	Barragem de Santa Cruz	Apodi
	Centro Histórico de Apodi	Apodi
	Paróquia de São Sebastião	Caraúbas
	Casa de Cultura Popular de Caraúbas	Caraúbas
	Mercado Público de Caraúbas	Caraúbas
	Associação Artística, Cultural e Musical	Doutor Severiano
	Casa de Cultura de Frutuoso Gomes	Frutuoso Gomes
	Trilha do Pé de Serra	Frutuoso Gomes
	Museu Mumbaça	Frutuoso Gomes
	Igreja de N. S. do Perpétuo Socorro	Frutuoso Gomes
	Igreja de São Francisco de Assis	José da Penha
	Açude da Barra	José da Penha
	Mercado Público de Luís Gomes	Luís Gomes
	Alto do Tabor	Luís Gomes
	Cruz dos Três Heróis	Lucrécia
	Casa de Egídio Dias	Lucrécia
	Caldeirões	Lucrécia
	Nicho Nossa Senhora do Livramento	Martins
	Memorial Manoel Lino de Paiva	Martins
	Museu Junior Marcelino	Martins
	Pedra Rajada	Martins
	Pedra do Sapo	Martins
	Associação Comunitária Sociocultural	Major Sales
	Museu Cultural Francisca Dantas de Moraes	Major Sales
	Museu Cultural de Major Sales	Major Sales
	Museu Rural de Patu	Patu
	Cruzeiro de São Sebastião	Patu
	Sítio Arqueológico do Jatobá	Patu
	Gruta de Jesuíno Brillhante	Patu

Fonte: Consórcio ATP/PREMIER (2016).

Figura 5 – Viabilidade turística dos atrativos do Polo Serrano – inviável

Viabilidade Turística dos Atrativos do Polo Serrano		
Critérios	Atrativo	Município
	Terminal Turístico	Pau dos Ferros
	Obelisco do Centenário	Pau dos Ferros
	Mercado Público M. Antônio Soares de Holanda	Pau dos Ferros
	Aeroporto de Pau dos Ferros	Pau dos Ferros
	Capela de São Benedito	Pau dos Ferros
	Mirante da Boa Vista	Portalegre
	Igreja de Nossa Senhora da Conceição	Portalegre
	Mirante Alto da Serra	Portalegre
	Mirante da Ponta Serra	Portalegre
	Torres de Portalegre	Portalegre
	Cachoeira do Pinga	Portalegre
	Terminal Turístico da Fonte Bica	Portalegre
	Parque da Lagoa de São Miguel	São Miguel
	Praça de São Miguel	São Miguel
	Serra do Serrrote Verde	São Miguel
	Pedra do Nariz	Serrinha dos Pintos
	Lajedo de Tota	Serrinha dos Pintos
	Lajedo dos Bastiões	Serrinha dos Pintos
	Trilha do Poço da Vaca	Riacho da Cruz
	Santuário de Frei Damião	Venha Ver
	Igreja N. Senhora do Perpétuo Socorro	Venha Ver
	Serra de São José	Venha Ver
	Mirante da Boa Vista	Venha Ver
	Igreja de N. S. do Perpétuo Socorro	Viçosa

Viabilidade Turística dos Atrativos do Polo Serrano		
Critérios	Atrativo	Município
Inviável (0 a 6)	Serra de Santana	Alexandria
	Instituto Zulmirinha Veras	Alexandria
	Zoológico de Pedras	Apodi
	Casarão do Sabe Muito	Caraúbas
	Casa de Quincas Saldanha	Caraúbas
	Museu Cultural do Sertanejo Chico Bento	José da Penha
	Casa de Engenho	Luís Gomes
	Casa de Farinha	Luís Gomes
	Açude de Lucrecia	Lucrecia
	Trilha do Mirante de São João	Lucrecia
	Trilha do Pôr-do-Sol	Martins
	Reserva Ecológica do Senhor Clezinho	Martins
	Pontinho de Cultura	Major Sales
	Barragem de Pau dos Ferros	Pau dos Ferros
	Feira Livre de Pau dos Ferros	Pau dos Ferros
	Casa de Câmara e Cadeia	Portalegre
	Açude do Jacó	São Miguel
	Açude Bonito	São Miguel
	Marco das Três Fronteiras	Venha Ver

Fonte: Consórcio ATP/PREMIER (2016).

Cabe salientar que todas as pontuações foram atribuídas com base nas pesquisas e observação in loco realizada pelos pesquisadores, outrossim, elas são passíveis de



revisões à luz de critérios imparciais e estritamente técnicos, a fim de que se possa atingir resultados mais próximo da realidade dos atrativos.

5. CONSIDERAÇÕES FINAIS

O diagnóstico turístico de uma localidade, realizado com base no repertório dos atrativos selecionados, é ferramenta imprescindível de planejamento, tendo como premissa a investigação do fenômeno turístico sob diferentes ângulos de observação, ou seja, sob a forma de segmentos de mercado.

Com base no diagnóstico turístico é possível desenvolver um plano funcional ou estudo preliminar, que corresponde representação, por meio de um esquema geral, da aplicação sintetizada dos critérios básicos definidos na estratégia de SOT. O plano funcional ou estudo preliminar consiste na definição e desenvolvimento do projeto para implantação de sinalização turística e rotas de acesso aos atrativos turísticos, contendo os elementos necessários e suficientes para o entendimento do objeto, nos seus aspectos conceituais e técnicos.

“Para o planejamento da sinalização, deve ser dada especial atenção às possibilidades de segmentação que consideram a motivação básica e as atividades turísticas características de determinado destino. Muitos são os segmentos decorrentes da observação sob esse prisma” (EMBRATUR, DENATRAN, IPHAN, 2001, p. 20).

A estratégia de sinalização é basicamente a definição de como pedestres e usuários de veículos podem utilizar a infraestrutura local, para atingir os atrativos existentes por meio da escolha dos melhores trajetos. Partindo-se da abrangência e do conhecimento que a população tem desses atrativos, é possível selecioná-los e hierarquizá-los.

A preservação e, ao mesmo tempo, a compreensão dos atrativos são uma constante nos dias de hoje. “O processo de preservação é extremamente complexo e, por que não dizer, difícil, tendo em vista que demanda recursos nem sempre disponíveis e, às vezes, vai de encontro a um processo de crescimento urbano nem sempre saudável” (RODRIGUES; AMORIM, 2018, p. 196).

A despeito de sua importância em nível nacional e internacional, o Polo Turístico Serrano não possui placas de SOT, sejam indicativas e/ou informativas e/ou interpretativas dos seus atrativos. Contudo, existem algumas placas comemorativas e



placas indicativas, sendo todas sem um padrão definido e colocadas em locais geralmente, inapropriados, por dificultarem, de alguma forma, uma leitura plena de monumentos ou conjuntos urbanos.

REFERÊNCIAS

Amorim, E. S. *et al.* Avaliação da qualidade sonora em templos religiosos: Estudos de caso. **Ambiente: Gestão e Desenvolvimento**, v. 15, n. 3, p. 30–39, 2023. DOI: 10.24979/ambiente.v15i3.1138. Disponível em: <https://periodicos.uerr.edu.br/index.php/ambiente/article/view/1138>. Acesso em: 15 fev. 2023.

Amorim, E. S. *et al.* Evaluation of the quality of the physical space in gym and bodybuilding gyms in the city of Recife/PE. **Journal of Engineering Research**, v. 3, n. 2, p. 01–09, 2022. DOI: 10.22533/at.ed.317322222127. Disponível em: <https://atenaeditora.com.br/catalogo/artigo-revista/avaliacao-dos-niveis-de-acessibilidade-em-vias-publicas-estudo-na-rua-de-santa-cruz-recife-pe-2>. Acesso em: 26 jan. 2023.

Amorim, E. S.; Gomes, K. B. M. **Avaliação dos níveis de acessibilidade em vias públicas: estudo na Rua de Santa Cruz, Recife/PE**. In: XXXI Congresso Nacional de Pesquisa em Transporte da ANPET, 2017, Recife/PE. Anais ANPET 2017.

Amorim, E. S.; Sampaio, G. M.; Silva, H. L. F. Avaliação dos níveis de acessibilidade em vias públicas. **Ambiente: Gestão e Desenvolvimento**, v. 15, n. 2, p. 54–60, 2022. DOI: 10.24979/ambiente.v15i2.1126. Disponível em: <https://periodicos.uerr.edu.br/index.php/ambiente/article/view/1126>. Acesso em: 26 jan. 2023.

Brasil. EMBRATUR - Instituto Brasileiro de Turismo. DENATRAN - Departamento Nacional de Trânsito. IPHAN - Instituto do Patrimônio Histórico e Artístico Nacional. Guia Brasileiro de Sinalização Turística. 1 ed. Rio de Janeiro, 2001.

Brasil. Ministério do Turismo. Inventário da Oferta Turística – Estratégia de Gestão. Brasília: Ministério do Turismo, 2011.

Brasil. Ministério do Turismo. Programa de Regionalização do Turismo – Roteiros do Brasil: Módulo 07 - Relatório de Roteirização Turística. Brasília: Ministério do Turismo, 2007.

Moraes, A. G. Sinalização e turismo: análise da sinalização turística existente no espaço turístico do pontal norte em balneário Camboriú-SC. **Turismo y Desarrollo Local**. v. 3, n. 8, p. 1-20, 2010. Disponível em: https://econpapers.repec.org/article/ervturdes/y_3a2010_3ai_3a8_3a14.htm. Acesso em: Dez/2022.



Rodrigues, A. P.; Amorim, E. S. Conceitos, argumentos, estratégias, métodos, técnicas e problemáticas envolvendo a implantação da sinalização de orientação turística em sítios históricos. *Revista Hospitalidade*. v. 15, n. 1, p. 180–197, 2018. Doi: <https://doi.org/10.21714/2179-9164.2018v15n1.805> .

Secretaria de Turismo do Estado do Rio Grande do Norte – SETUR/RN. Projeto Executivo de Sinalização Turística para os Polos Turísticos do Rio Grande do Norte -Serrano e Agreste/Trairi. Autoria: Consórcio ATP/PREMIER. Natal: SETUR-RN, 2016.

Silva, V. P.; Castro, C. A. T. A percepção dos viajantes locatários de veículos sobre a sinalização de orientação turística de Natal-RN. *Turismo - Visão e Ação*. v. 19 , n. 3 , p. 589-613, 2017. Doi: <https://doi.org/10.14210/rtva.v19n3.p589-613>

CAPÍTULO VIII

A GOVERNANÇA DA ÁGUA EM PETROLINA (PE), UM ESTUDO DE CASO DA LAGOA DO DOM AVELAR (2005-2022)

WATER GOVERNANCE IN PETROLINA (PE), A CASE STUDY OF LAGOA DO DOM AVELAR (2005-2022)

DOI: 10.51859/amplla.mas3200-8

Jeniffer dos Santos Silva ¹
Sidclay Cordeiro Pereira ²

¹ Graduada em Geografia pela Universidade de Pernambuco - *Campus* Petrolina

² Professor Adjunto do Colegiado de Geografia da Universidade de Pernambuco - *Campus* Petrolina

RESUMO

O crescimento urbano que ocorre sem planejamento ocasiona, comumente, problemas ambientais que impactam fortemente em quem reside ou faz uso das cidades. Isso é visto quando observamos a gestão hídrica nos centros urbanos brasileiros. Nesse sentido, esse artigo objetivou analisar a gestão hídrica da lagoa do Bairro Dom Avelar no Município de Petrolina no período de 2005 a 2022 para a busca de uma melhor governança da água. A metodologia adotada optou por pesquisa bibliográfica sobre gestão hídrica no Brasil e, mais especificamente, Petrolina; mapeamento sistemático e cronológico da lagoa do bairro Dom Avelar a partir da plataforma *Google Earth* e seguidos trabalhos de campo para registros fotográficos. Os resultados apontam que a lagoa está fortemente impactada pelo processo de urbanização sem planejamento. É imprescindível que seja feita a recuperação da área, além de proporcionar uma educação ambiental aos moradores do entorno da lagoa, para que os mesmos estejam cientes do risco que correm ao descartar lixo de forma inadequada.

Palavras-chave: Água. Gestão Hídrica. Petrolina. Crescimento urbano.

ABSTRACT

Urban growth without planning commonly causes environmental problems that have a strong impact on those who live in or use the cities. This is seen when we look at water management in Brazilian urban centers. Having saying that, this article aimed to analyze the water management of the Lagoon of Bairro Dom Avelar, City of Petrolina in the period from 2005 to 2022. The methodology opted for bibliographical research on water management in Brazil and, more specifically, Petrolina; systematic and chronological mapping of the lagoon in the Dom Avelar neighborhood from the *Google Earth* platform and also field work for photographic records. The results indicate that the lagoon is heavily impacted by the unplanned urbanization process. It is imperative that the area be recovered, in addition to providing environmental education to residents around the lagoon, so that they are aware of the risk they run by disposing of garbage improperly.

Keywords: Water. Water management. Petrolina. Urban growth.



1. INTRODUÇÃO

O crescimento urbano que ocorre sem planejamento ocasiona, comumente, problemas ambientais que impactam fortemente em quem reside ou faz uso das cidades. Nesse sentido, as alterações hidrológicas associadas ao processo de urbanização têm sido estudadas a partir da segunda metade do século XX, e os seus resultados têm mostrado que o desenvolvimento urbano e, a consequente ampliação da impermeabilização dos solos levam a inundações maiores e mais frequentes nas áreas de planícies fluviais ocupadas (CHIN, 2006; FERREIRA, 2022).

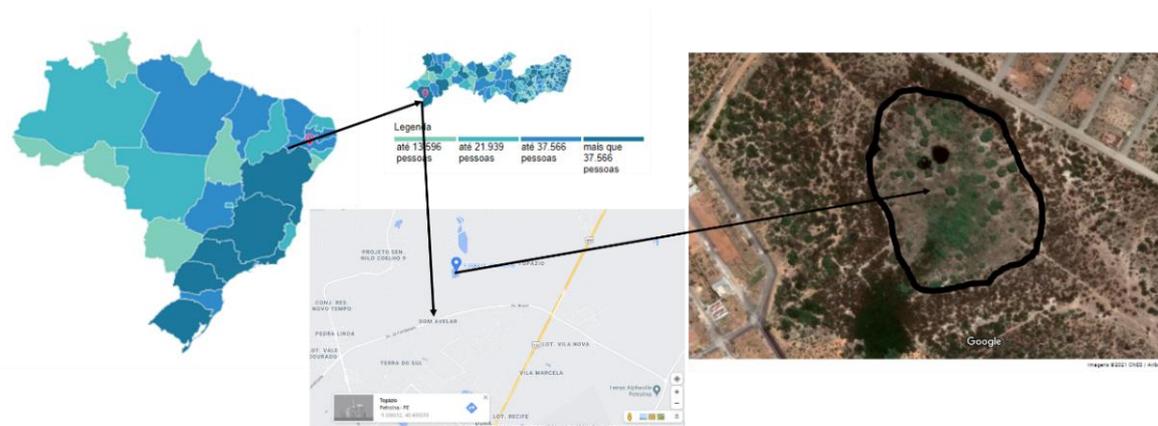
Nesse contexto, tem-se o Município de Petrolina (PE) com uma população de 293.962 habitantes em 2010 e estimada em 2019 para 349.145 habitantes (IBGE, 2020). O município apresenta 72.7% de domicílios com esgotamento sanitário adequado, 91.9% de domicílios urbanos em vias públicas com arborização e 8.7% de domicílios urbanos em vias públicas com urbanização adequada (presença de bueiro, calçada, pavimentação e meio-fio). Quando comparado com os outros municípios do estado, fica na posição 12 de 185, 14 de 185 e 67 de 185, respectivamente. Já quando comparado a outras cidades do Brasil, sua posição é 1278 de 5570, 1293 de 5570 e 2941 de 5570, respectivamente (IBGE, 2020).

A despeito de ter um grande núcleo urbano, Petrolina possui uma imensa e complexa área rural comportando grandes projetos de irrigação para a fruticultura; lotes de pequenos e médios portes de produção familiar; áreas de sequeiro e pequenas vilas e distritos. Isso resulta em uma gestão hídrica intrincada. Atuam sobre o município, o Comitê da Bacia Hidrográfica do São Francisco (CBHSF), a Companhia de Desenvolvimento dos Vales do São Francisco e do Parnaíba (CODEVASF), a Agência Pernambucana de Águas e Clima (APAC) e a Companhia Pernambucana de Saneamento (COMPESA). Essa última atua, diretamente, sobre o fornecimento de água e gestão do saneamento. Esse engendramento, traz uma complexidade para quem quer entender e, fundamentalmente, sugerir aprimoramentos à gestão hídrica da cidade objetivando uma melhor governança da água.

Posto isso, é fundamental que as pesquisas se debrucem no tema, uma vez que o processo de urbanização está cada vez mais acelerado no Brasil, principalmente nas cidades médias. Assim, optou-se por um estudo de caso no bairro Dom Avelar, que

possui uma lagoa que vem sendo sistematicamente impactada pelo crescimento urbano sem planejamento. Sua localização está na Figura 1

Figura 1. Mapeamento multiescalar da lagoa do bairro Dom Avelar.



FONTE: GOOGLE EARTH e IBGE CIDADES, 2021.

No contexto acima apresentado, esse artigo objetivou analisar a gestão hídrica da lagoa do Bairro Dom Avelar no Município de Petrolina no período de 2005 a 2022 para a busca de uma melhor governança da água. A metodologia adotada optou por pesquisa bibliográfica sobre gestão hídrica no Brasil e, mais especificamente, Petrolina; mapeamento sistemático e cronológico da lagoa a partir da plataforma *Google Earth* e seguidos trabalhos de campo para registros fotográficos. Este trabalho está dividido em dois momentos. Primeiramente, se faz uma conceituação do que é gestão hídrica e governança da água e, no segundo momento, apresenta-se os resultados encontrados através da análise da lagoa do bairro.

2. A GOVERNANÇA DA ÁGUA COMO UMA ALTERNATIVA DE GESTÃO HÍDRICA

Os recursos hídricos são bens fundamentais para a qualidade da vida humana e, conseqüentemente, para o desenvolvimento social/ambiental e econômico dos países, o termo “recurso” pode ser definida como algo destinado a uso e valor, é a partir desta definição que surgiu a necessidade de gerenciar a água. (BORGES, 2021).

A gestão dos Recursos Hídricos demorou a ser implementada no Brasil. Havia-se até fins do século XX mais um aspecto econômico e de exploração do que de proteção dos Recursos Naturais, a implantação da Política Nacional de Recursos Hídricos foi pensada como uma forma de diminuir os conflitos de uso, garantir a qualidade e quantidade dos recursos para as presentes e futuras gerações (COSTA, 2021).

Dessa forma, a Lei Federal Nº 9.433/1997 veio para instituir a Política Nacional de Recursos Hídricos (PNRH) com a função de lançar instrumentos para a gestão hídrica, o primeiro foi o Plano de Recursos Hídricos, o segundo foi encaixar os corpos d'água em classes, o terceiro instrumento foi um documento que assegure os direitos de uso de recursos hídricos, o quarto é o Sistema Nacional de Informações sobre Recursos Hídricos – SNIRH e por fim um documento que garanta os direitos do uso e a cobrança por tal uso (BRASIL, 1997).

A importância de uma gestão hídrica eficiente em áreas de rápida urbanização se justifica pelas rápidas mudanças e impactos que afetam às populações. Para Tucci (2008), uma urbanização intensa, também aumenta a demanda de distribuição de água e caso essa distribuição não ocorra de forma correta pode gerar escassez de água para alguns grupos sociais, bem como contamina os recursos hídricos com a deposição de esgoto.

De acordo com Miranda (2013), a gestão hídrica tem como objetivo gerir os diversos usos dos recursos hídricos, bem como a proteção ambiental e a prevenção contra eventos extremos. Entende-se que a gestão de recursos hídricos deve considerar as diversidades físicas, demográficas, sociais, econômicas, culturais, questões territoriais brasileiras e bióticas (CARVALHO, 2020). Contudo, como é difícil lidar com todas as dimensões dos recursos hídricos, se faz necessário uma gestão que seja compartilhada por diversos responsáveis como o poder público e a sociedade atuando juntas (PORTO; PORTO, 2008; PEREIRA; MEDEIROS, 2009).

A governança pode significar qualquer tipo de articulação entre organizações, partes de organizações, grupos e indivíduos que buscam um modelo de comando e controle hierarquizado para formas de interação descentralizadas e mais horizontais. Governança não é sinônimo de governabilidade. Aqui entende-se a governabilidade, vinculada ao sistema político-institucional, como a dimensão estatal do exercício do poder que direciona o desenvolvimento do controle e da ordem, bem como possui atributos considerados essenciais para o exercício do governo (GRAVEL e LAVOIE, 2009). A governança é mais abrangente que a governabilidade, refere-se a um guia de gerenciamento e ao mesmo tempo um processo de coordenação social e econômico. Com isto, envolve os diversos atores não estatais no processo de negociação e tomada



de decisão. Em um plano mais amplo, a governança engloba a sociedade como um todo (ROSENAU, 2002; GONÇALVES, 2006; GRAVEL e LAVOIE, 2009).

Em princípio, governança pode significar qualquer tipo de coordenação entre organizações, partes de organizações, grupos ou indivíduos de diversas hierarquias do sistema de comando e controle em direção à formas de interação descentralizadas, ou seja, refere-se ao processo de coordenação, gerenciamento e direcionamento social e econômico. Entretanto, com isto, pode-se presenciar usos contraditórios. Mais comumente, governança é uma forma de coordenação inter-organizacional modeladas em redes, especialmente as auto-organizadas (GREGORY ET AL. : 2013).

Observa-se, que para Petrolina, o processo de governança da água está distante de acontecer. E aqui, entende-se que a governança da água refere-se ao conjunto de aspectos políticos, sociais, econômicos e sistemas administrativos que estão no local para desenvolver e gerenciar os recursos hídricos, a prestação de serviços de água e a implementação de soluções para o melhoramento da qualidade da água, em diferentes níveis da sociedade (BOYD, 2006; JACOBI, 2009; PEREIRA, 2019). Pensar a governança das águas é entender essa discussão envolve essencialmente diversas áreas do saber, ações políticas e de gestão.

A esse contexto, pode-se adicionar que o município cresceu às margens do Rio São Francisco tendo sua história construída muito em função das suas atividades econômicas ligadas aos usos da água (OLIVEIRA; PEREIRA, 2022). Por outro lado, o debate acadêmico sobre gestão hídrica é praticamente inexistente e a participação popular pouco fomentada (SILVA; PEREIRA, 2022). Isso se percebe quando a produção bibliográfica sobre o tema é escassa e os primeiros esforços são recentes. A isso, soma-se que apenas em 2022 o Município de Petrolina começou a participar efetivamente como membro do CBHSF (PEREIRA; THEODORO, 2023).

3. A LAGOA DO DOM AVELAR E SEUS IMPACTOS AMBIENTAIS

A lagoa natural, objeto de estudo dessa pesquisa, está localizada no Bairro Dom Avelar no Município de Petrolina (PE) e possui, aproximadamente, 1.078,62 m, 49.099,67 m² (Figura 2). Os problemas ambientais que vem sofrendo a partir do processo de intensa urbanização em seu entorno são numerosos e urge a necessidade de se enumerá-los para entender como tem sido o processo de gestão hídrica.

Figura 2. Dimensão da Lagoa do Dom Avelar



Fonte: GOOGLE EARTH (2022).

3.1. O SANEAMENTO BÁSICO E A LAGOA DO BAIRRO DOM AVELAR

Nas diversas visitas à lagoa, ao mesmo tempo em que se analisava as imagens de satélite, pode-se dizer que a elevada deposição de efluentes lançados a céu aberto e sem nenhum tratamento prévio é um dos maiores responsáveis pela degradação do solo e da lagoa em si. Todo esgoto e quaisquer tipos de resíduos sólidos depositados em um local irregular, traz danos graves à saúde humana e ao meio ambiente.

O chorume, líquido oriundo da decomposição dos resíduos sólidos, atrai diversos animais, tais como: roedores, insetos e conseqüentemente, contribui para gerar doenças infecciosas nas pessoas que habitam as proximidades do local. O chorume, tem uma elevada carga de poluentes e quando entra em contato com corpos hídricos e com o solo modifica suas características biológicas e químicas (LEITE; BERNARDES; OLIVEIRA, 2004). Seu impacto é observado na Figura 3:

O despejo incorreto de resíduos sólidos provenientes do consumo humano tem como consequência a redução da fertilidade do solo, o aumento do risco de erosão e a perda de nutrientes. Os resíduos encontrados no local, como demonstram a Figura 4, podem trazer danos à saúde, mas vez que a associação entre moradias próximas a depósitos de resíduos sólidos gera efeitos sobre a saúde humana. Há um risco de pessoas adquirirem problemas no fígado, estômago, pulmões, próstata, rim, pâncreas, inclusive pessoas que moram próximas a essas regiões relatam com frequência esses problemas (GOVEIA; PRADO; 2010).

Figura 3. Imagens da deposição de resíduos sólidos e efluentes.



Fonte: Autoria própria (2022)

Figura 4. Depósito de efluentes domésticos a céu aberto no entorno da lagoa.



Fonte: Autoria própria (2022)

A situação das pessoas resistentes no local, fica ainda pior quando chove, com o solo sem permeabilidade e sem o saneamento básico, tem-se a alta do nível de da lagoa que transborda, inundando as residências, o que pode ser visto na Figura 5.

Figura 5. Lagoa do Dom Avelar no período das chuvas em janeiro de 2022.



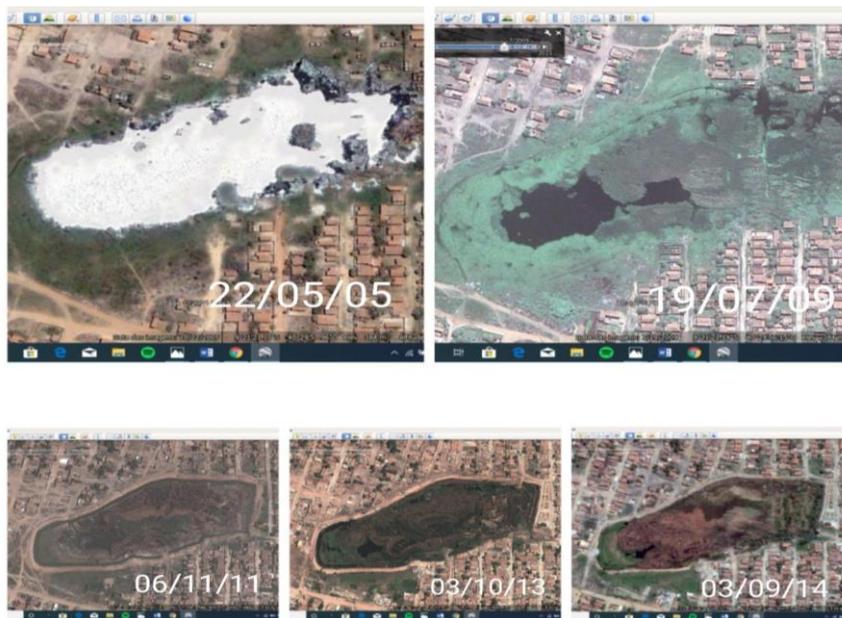
Fonte: Autoria própria (2022)

3.2. O AVANÇO DA LAGOA AO LONGO DO PERÍODO DE 2005 A 2022.

Imagens coletadas através da plataforma do *Google Earth* permitem identificar o avanço estado da lagoa desde o ano de 2005, pois antes disso não há registros de satélite acerca da lagoa. Algumas imagens serão apresentadas na figura 6 que mostra o avanço e a ausência de um Plano de Gestão Hídrica eficiente.

A imagem a seguir mostra que o nível de água na lagoa durante os anos de 2005 à 2009 teve alterações conforme os meses do ano. As fotos do mês de maio e julho mostram uma grande quantidade de água, diferente dos meses de outubro, novembro e dezembro, isso se justifica pelo fato de que os primeiros meses do ano apresentaram os maiores valores totais de precipitação na região.

Figura 6. Avanço da Lagoa de 2005 a 2014.



Fonte: GOOGLE EARTH, 2021.

Figura 7. Avanço da Lagoa de 2015 a 2017.



Fonte: GOOGLE EARTH, 2021.



Entender a relação entre os dias com chuva e a precipitação total durante um período, permite conhecer o comportamento hídrico do local objeto de estudo. As imagens acima mostram que em um mesmo ano (2017) nos meses do 2º trimestre há a presença de água e nos 3º e 4º trimestres observa-se a redução hídrica.

Figura 8. Avanço da Lagoa de 2018 a 2021.



Fonte: GOOGLE EARTH, 2021.

De acordo com a análise das imagens retiradas da plataforma do *Google Earth*, é possível perceber que a área se trata de um corpo hídrico natural intermitente, e como tal requer os devidos cuidados. Verificasse também pelas imagens que há uma grande presença de baronetas na região, o que indica um elevado nível de poluição, uma vez que a baroneta é uma espécie que se proliferam em ambientes com grande quantidade de matéria orgânica.

No final de 2021, com as chuvas a Lagoa encheu e entrou em diversas casas, a ausência de Gestão Hídrica no local está trazendo danos materiais e morais a população, pessoas estão perdendo seus móveis e ainda têm que morar ao lado de um depósito de resíduos sólidos e efluentes.

A população desse bairro precisa da atenção do Poder Público, há períodos, como o de chuva, que fica inviável se locomover nessas ruas próximas a lagoa. Deixando claro que sem uma gestão eficiente, não há mobilidade e nem qualidade de vida. Entre os vários problemas ambientais devido a criação de grandes áreas urbanas, um dos que mais é enfatizado é a alta produção de resíduos sólidos, e inclusive tem sido alvo de muitas pesquisas de como propor soluções para essas regiões (COELHO; SALES; 2017).

Foi observado no local de estudo que nas ruas do entorno há a coleta de resíduos sólidos feita pelo governo municipal, essa coleta ocorre nas terças, quintas e sábados, desta maneira, são os moradores que realizam o depósito irregular dos resíduos no local. Para isso, é importante que o governo desenvolva oficinas de educação ambiental com os moradores da região, para tentarem a sensibilização. Caso não resolva, passa a adotar o sistema de fiscalização e multa aos moradores que depositarem resíduos naquela região.

Em relação ao depósito de efluentes no local, é necessário que o poder público realize um levantamento das casas que não se enquadram no saneamento básico do município e as que não estiverem dentro, possam ser inseridas e o Poder Público possa criar políticas públicas que garantam que todos os moradores tenham acesso a esse direito.

É necessário ressaltar que a localidade não consta no plano diretor da prefeitura de Petrolina, o que comprova o abandono da região pelas políticas públicas do local. É importante que se estabeleça um plano estratégico para o tratamento do esgoto que englobe todas as moradias da região (JOMERTZ; LANZER, 2008). Além disso, o lago está sendo aterrado de maneira inadequada, causando o alagamento das residências construídas em área de risco.

Diante do que foi exposto nessa pesquisa, sugere-se que, primeiramente, pode ser feita a drenagem da lagoa com especial atenção a existência de gás no solo, devido ao depósito de resíduos sólidos, em caso positivo, drenar previamente o gás. Para diminuir os impactos de acúmulo da água proveniente de precipitações, sugere-se o escoamento diretamente para uma Estação de Tratamento de Esgoto, assim se evita os efluentes contaminarem outros recursos hídricos da cidade. Por fim, para melhorar a qualidade de vida da população residente, sugere-se o uso da lagoa para o lazer.

4. CONSIDERAÇÕES FINAIS

Com o que foi apresentado nesta pesquisa, foi enfatizado a necessidade de um olhar mais profundo dos poderes públicos para essa região, garantindo o direito dos moradores em relação ao saneamento básico e bem-estar, é de extrema importância que os órgãos responsáveis invistam na canalização e tratamento do esgoto.

É imprescindível que seja feita a recuperação da área, além de proporcionar uma educação ambiental aos moradores do entorno da lagoa, para que os mesmos estejam cientes do risco que correm ao descartar lixo de forma inadequada.

Como proposta para revitalização do local é indicado fazer a drenagem de todo o resíduo líquido da lagoa, analisar qual a porcentagem do dano que a poluição deixou no solo e fazer a recuperação do mesmo, posteriormente poderia ser feito um local de área verde com plantas nativas.

REFERÊNCIAS

- BARRETO, Robson Duarte. Uso e ocupação do solo às margens do Rio São Francisco no Município de Petrolina-PE: impactos ambientais no canal fluvial. **Dissertação de Mestrado**. 2015.
- BORGES, F. Q. Planejamento integrado de recursos como estratégia de implantação da gestão hídrica no Brasil. **Research, Society and Development**, v. 10, n. 5. Disponível em: <https://rsdjournal.org/index.php/rsd/article/view/15226>. Acesso em: 30 mar. 2022.
- BOYD, Emilly. Scales of Governance in Carbon Sinks: Global Priorities and Local Realities. Em Reid, Walter V. *et al.* **Bridging Scales and Knowledge Systems - Concepts and Applications in Ecosystems Assessment**. Washington, Covelo, London. Island Press. 2006. p. 105-128.
- BRASIL. Presidência da República. **Lei Nº 9.433, de 8 de janeiro de 1997**. Institui a Política Nacional de Recursos Hídricos. Capítulo IV, Seção I, Arts. 6º e 7º. Disponível em: http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/leis/l9433.htm. Acesso em: 30 de março de 2022.
- CARVALHO, Andreza T. F. Bacia hidrográfica como unidade de planejamento: discussão sobre os impactos da produção social na gestão de recursos hídricos no Brasil. **Caderno Prudentino de Geografia**, Presidente Prudente, n. 42, v. 1, p. 140-161, jan-jun, 2020.
- CHIN, A. Urban transformation of river landscapes in a global context. **Geomorphology**, 79: 460-487. 2006.



- COELHO, Gláuber Tulio Fonseca; SALES, Layse Lorena Neves. Ocupação do espaço urbano: observações históricas e a expansão da Península da Ponta D'areia em São Luís (MA) entre os anos de 2004 e 2016. **Social Evolution**, v. 1, n. 1, p. 16-26, 2017.
- COSTA, Fábio Augusto Alho. A Cobrança pelo uso dos recursos hídricos como estratégia para seu uso sustentável no Brasil. **Revista de Direito e Sustentabilidade**. v. 7, n. 2. p. 113–132. Jul/Dez. 2021.
- FERREIRA, Laiana Carla. POLÍTICA URBANA, DIREITO À CIDADE E SANEAMENTO. In: **Anais do XI Congresso Brasileiro de Direito Urbanístico**. Anais...Salvador (BA) UCSal, 2021. Disponível em: <<https://www.even3.com.br/anais/xicbdu2022/483042-POLITICA-URBANA-DIREITO-A-CIDADE-E-SANEAMENTO>>. Acesso em: 14/08/2022.
- GONÇALVES, Alcindo *O Conceito de Governança*. Conpedi. 2006. Disponível em <<http://conpedi.org.br/manaus/arquivos/anais/XIVCongresso/078.pdf>>. Acesso em 14 de abril de 2012.
- GOOGLE EARTH. Disponível em: <https://earth.google.com/web/@-9.35504637,-40.49829669,383.61561258a,969.01871591d,35y,0h,0t,0r>. Acesso em: 14 de abril de 2022.
- Gouveia N, Prado RR. Riscos à saúde em áreas próximas a aterros de resíduos sólidos urbanos. **Revista Saúde Pública**. n. 44 v. 5. p. 859-866. 2010
- GRAVEL, Nathalie e Lavoie, A. *La gouvernance rurale au Mexique en réponse à la vulnérabilité paysanne extrême*. **Revue canadienne des études latino-américaines et caraïbes**. Numéro spécial sur la gouvernance environnementale en Amérique latine, 34 (68) : 111-145. 2009.
- GREGORY, Derek *et al.* The Dictionary of Human Geography. Malden, Blackwell. 2009.
- IBGE– Instituto Brasileiro De Geografia e Estatística. IBGE Cidades, 2021. Acesso em março de 2021.
- JACOBI, Pedro R.. Governança da água no Brasil. Em RIBEIRO, W .C. (Org). Governança da água no Brasil: uma visão interdisciplinar . São Paulo: Annablume, 2009.
- JOMERTZ, Julio Cesar dos Santos; LANZER, Lúcia Moreira. Projeto do sistema individual de tratamento de esgoto doméstico. SITED-08, 2008.
- LEITE, Cibele; BERNARDES, Ricardo S.; OLIVEIRA, Sebastião A. de. Método Walkley-Black na determinação da matéria orgânica em solos contaminados por chumbo. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v. 8, p. 111-115, 2004.
- MELO, Juli Emille Pereira de. Levantamento dos impactos inerentes à inadequação do saneamento básico. UFERSA. 2020.
- MIRANDA, G. M. Integração da gestão de recursos hídricos: caso da bacia hidrográfica Mebre-Sorge, cantão de Vaud, Suíça. **Revista de Gestão de Água da América Latina**, Porto Alegre, v. 10, n.2, p. 5 –12,2013.

- OLIVEIRA, Carla Silva de; PEREIRA, Sidclay Cordeiro. Entre o interesse público e o privado: uma análise das políticas de recursos hídricos e de irrigação no Vale do São Francisco. In. Meio ambiente e sustentabilidade: pesquisas, reflexões e diálogos emergentes (org) BRITO ET AL. Campina Grande : Editora Ampla, 2022. v. 3.
- PALMIERI, F.; LARACH, J.O.U. Pedologia e Geomorfologia. **Geomorfologia e meio ambiente**. Rio de Janeiro, Brasil, 2006.
- PEREIRA, R. M. V.; MEDEIROS, R. A aplicação dos instrumentos de gestão e do sistema de gerenciamento dos recursos hídricos na lagoa Rodrigo de Freitas, RJ, Brasil. **Revista Ambi-Água. Taubaté**, v. 4, n.3, pp. 211 –229,2009.
- PEREIRA, Sidclay C. Analyse d'un siècle de représentations territoriales et de gestion hydrique dans l'État du Pernambouco, Brésil (1909-2019). Tese (Doutorado em Ciências Geográficas) – Faculté de foresterie, de géographie et de géomatique - Université Laval. Québec, (QC), Canadá, 261 p. 2019. Disponível em: <https://corpus.ulaval.ca/jspui/bitstream/20.500.11794/37711/1/35894.pdf>.
- PEREIRA, Sidclay Cordeiro; THEODORO, Hildelano Delanusse. Governança hídrica na região semiárida do Estado de Pernambuco (Brasil): análise da gestão do Comitê da Bacia Hidrográfica do São Francisco. **Revue Caravelle. L'Anthropocène, vu d'Amérique latine**. N 119.2023. p. 145-160.
- PORTO, M. F. A.; PORTO, R. L. L. Gestão de bacias hidrográficas. Estudos avançados, São Paulo, v. 22, n. 63, p. 43 –60, 2008.
- ROSENAU, J. N. Governança, ordem e transformação na política mundial. Em ROSENAU, J.N. et al. (eds.) Governança sem governo – ordem e transformação na política mundial. Brasília. São Paulo: Imprensa Oficial do Estado : 11-46. 2002.
- SILVA, Rafael Dias da; PEREIRA, Sidclay Cordeiro. Uma análise da Gestão Hídrica no município de Petrolina (PE) (2010-2020) para a proposição de um modelo de Governança da Água. In. Meio ambiente e sociedade: análises, diálogos e conflitos ambientais (org.). SHINOHARA ET AL, Neide Kazue Sakugawa. Campina Grande: Editora Ampla, 2022.
- TEIXEIRA, Maria Dilma Souza et al. Impactos socioambientais provenientes do esgotamento sanitário a céu aberto. **Revista Brasileira de Gestão Ambiental e Sustentabilidade**, v. 5, n. 11, p. 849-858, 2018.
- TUCCI, C. E. M. Águas urbanas. **Estudos Avançados**, v.22, n.63, p.1-16, 2008.

GERAÇÃO DE RESÍDUOS E SUA APLICAÇÃO NA CONSTRUÇÃO CIVIL

WASTE GENERATION AND ITS APPLICATION IN CIVIL CONSTRUCTION

DOI: 10.51859/ampla.mas3200-9

Alanny Karla Santos da Silva ¹

Ivani Monteiro Cavalcanti ²

Jussara Batista Silva ³

Larissa Kelly da Silva França Barbosa ⁴

Eliana Cristina Barreto Monteiro ⁵

^{1, 2, 3, 4} Mestrandos do Programa de Pós-graduação em Engenharia Civil – Universidade de Pernambuco - UPE

⁵ Professor Titular da Escola Politécnica de Pernambuco – Universidade de Pernambuco e Universidade Católica de Pernambuco – UNICAP

RESUMO

O aumento significativo de resíduos de construção e demolição são o resultado do crescimento da construção civil ao longo dos anos. O setor da construção é um dos grandes geradores de empregos, mas por outro lado é também o responsável por grandes impactos ambientais, através do alto consumo de matéria prima e pelo descarte de forma desordenada dos resíduos. Nesse cenário, a busca pela redução do impacto ambiental, causado pela indústria da construção, nos conduz a desenvolver o gerenciamento adequado dos resíduos e também novos materiais que podem ser utilizados, a fim de preservar os recursos naturais e reduzir o descarte indevido. Este trabalho apresenta uma revisão bibliográfica sobre os resíduos de construção e demolição, as diretrizes de gerenciamento adequado dos resíduos e suas aplicações na construção civil visando trazer uma melhor compreensão sobre o tema e seus benefícios para a redução dos impactos ambientais. Para tanto, foi realizada uma pesquisa com artigos que versam sobre resíduos e suas aplicações e constatamos que a aplicabilidade da reutilização dos resíduos traz bons resultados, mas ainda há a necessidade de incentivo de tal prática.

Palavras-chave: Resíduo. Aplicação. Construção.

ABSTRACT

The significant increase in construction and demolition waste is the result of the growth of civil construction over the years. The construction sector is one of the great generators of jobs, but on the other hand it is also responsible for major environmental impacts, through the high consumption of raw materials and the disorderly disposal of waste. In this scenario, the search for reducing the environmental impact caused by the construction industry leads us to develop adequate waste management and new materials that can be used in order to preserve natural resources and reduce improper disposal. This paper presents a bibliographic review on construction and demolition waste, the guidelines for proper waste management and their applications in civil construction in order to bring a better understanding of the subject and its benefits for reducing environmental impacts. To this end, a survey was carried out with articles that deal with waste and its applications and we found that the applicability of reuse of waste brings good results, but there is still a need to encourage this practice

Keywords: Residue. Application. Construction.

1. INTRODUÇÃO

O descontrole e o crescimento da população brasileira impulsionam o aumento da demanda de bens e serviços. Além disso, o crescimento acelerado do processo de industrialização e ocupação urbana em determinadas cidades tem contribuído cada vez mais para a geração de resíduos na construção Civil. Tomando como exemplo os impactos ao meio ambiente em suas diversas fases, há: ocupação de terras, extração de matéria-prima, transporte, processo construtivo e, principalmente, a geração e disposição final de seus resíduos (GUSMÃO, 2008).

A Resolução nº307 do Conselho Nacional do Meio Ambiente (CONAMA), classifica os resíduos de construção e demolição (RCD), estabelece a destinação adequada de acordo com suas classes e estabelece diretrizes, critérios e procedimentos para gestão dos resíduos da construção civil. Onde a mesma tem como objetivo reduzir o impacto ambiental presando pela reutilização, reciclagem e a adequada destinação final dos resíduos.

O aproveitamento dos resíduos deve ser uma das práticas a serem adotadas na produção de edificações, visando um processo sustentável ao longo dos anos, proporcionando economia de recursos naturais e minimizando o impacto ao meio ambiente.

Um gerenciamento do resíduo da construção civil (RCC) eficaz é fundamental para garantir que a redução, reuso e a reciclagem sejam crescentes, rumo à sustentabilidade (FERREIRA e MOREIRA, 2012).

A aplicação dos resíduos através do reuso podem trazer grandes vantagens econômicas e ambientais da implementação da logística reversa para reciclar os rejeitos de construção e demolição (NETO, 2019).

2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

2.1. CONCEITO

A Resolução 307 do CONAMA define “resíduos sólidos de construção como sendo os provenientes de construções, reformas, reparos e demolições de obras da construção civil, e os resultantes da preparação e da escavação de terrenos, tais como: tijolos, blocos cerâmicos, concreto em geral, solos, rochas, metais, resinas, colas, tintas, madeiras e compensados, forros, argamassa, gesso, telhas, pavimento asfáltico, vidros,



plásticos, tubulações, fiação elétrica etc., comumente chamados de entulhos de obra, calça ou metralha.”

É de responsabilidade dos agentes públicos e privados a destinação e o aproveitamento dos resíduos urbanos gerados ao longo da construção. Onde a lei nº 12.305/2010 prevê a elaboração de Planos Integrados de Gerenciamento dos Resíduos.

2.2. CLASSIFICAÇÃO DOS RESÍDUOS

No Brasil são muitos os trabalhos de pesquisas tecnológicas envolvendo o uso sustentável de RCC que comprovam a viabilidade técnica destes resíduos como agregado reciclado para a fabricação de argamassas (ASSUNÇÃO; CARVALHO; BARATA, 2007), concretos (CABRAL, 2011).

A possibilidade de utilização de um resíduo deve ser avaliada tanto pelas características técnicas que se deseja, quanto pelos possíveis impactos ambientais que possa causar (SILVA e ARNOSTI Jr., 2007).

A classificação dos resíduos ajuda na identificação do processo original do material, além disso, fica responsável na destinação dos resíduos, no reaproveitamento, no processo de reciclagem e identifica quais podem ser prejudiciais ou não a saúde e ao meio ambiente.

A Resolução Conama nº 307 de 5 de julho de 2002, classifica os resíduos da construção civil de acordo com a sua composição em quatro classes (A, B, C e D), as quais, em ordem crescente de periculosidade, estão descritas conforme o Quadro 01.

Quadro 01 – Classificação dos Resíduos

CLASSIFICAÇÃO	ORIGEM	TIPOS DE RESÍDUOS
I-CLASSE A	São resíduos reutilizados ou recicláveis	a) de construção, demolição, reformas e reparos de pavimentação e de outras obras de infraestrutura, inclusive solos provenientes de terraplanagem;
		b) de construção, demolição e reparos de edificações: componentes cerâmicos (tijolos, blocos, telhas, placas de revestimento etc.), argamassa e concreto;
		c) De processo de fabricação e /ou demolição de peças pré-moldadas em concreto (blocos, tubos, meios-fios etc) produzidas nos canteiros de obras;
II-CLASSE B	São resíduos recicláveis	Saco de cimento vazio, vidros, madeira, plástico, gesso, papelão, etc.
III-CLASSE C	São resíduos para os quais não foram desenvolvidos tecnologias ou aplicações economicamente viáveis que	Não especificado pela resolução.

CLASSIFICAÇÃO	ORIGEM	TIPOS DE RESÍDUOS
	permitem a sua reciclagem ou recuperação.	
IV-CLASSE D	São resíduos perigosos oriundos de processo de construção	Tintas, solventes, óleos e outros ou aqueles contaminados ou prejudiciais à saúde oriundos de demolições, reformas e reparos de clínicas radiológicas, instalações industriais e outros, bem como telhas e demais objetos e materiais que contenham amianto ou outros produtos nocivos à saúde.

A Resolução Conama nº 307 de 5 de julho de 2002, Art. 10, diz que os resíduos da construção civil, após triagem, deverão ser destinados das seguintes formas:

I - Classe A: deverão ser reutilizados ou reciclados na forma de agregados ou encaminhados a aterro de resíduos classe A de preservação de material para usos futuros; (Nova redação dada pela Resolução 448/12).

II - Classe B: reutilização, reciclagem ou armazenamento temporário, visando sua utilização ou reciclagem futura;

III - Classe C: deverão ser armazenados, transportados e destinados em conformidade com as normas técnicas específica;

IV- Classe D: deverão ser armazenados, transportados e destinados em conformidade com as normas técnicas específicas. (Nova redação dada pela Resolução 448/12).

A considerada quantidade dos resíduos gerados em obras da construção civil é oriunda de perdas de materiais de construção nos canteiros de obras juntamente com a falta de habilidade da mão de obra no transporte e uso dos insumos. Bem como a compatibilização dos projetos e problemas na gestão da obra. (PAZ,2014)

Caracterizando esses resíduos, estudos desenvolvidos por Lafayette et al. (2018) considerando a composição gravimétrica dos RCD gerados em construção de edifícios em Recife, indicam que na execução das fases de estruturas, alvenaria, acabamento e demolição, há a predominância da geração de resíduos compostos por concreto, argamassa e tijolos.

2.3. GERENCIAMENTO DOS RESÍDUOS

O CONAMA, em sua resolução 307, diz que o gerenciamento dos resíduos equivale no sistema de gestão que tem o objetivo de reduzir, reutilizar ou reciclar resíduos, abrangendo planejamento, responsabilidades, práticas, procedimentos e

recursos para desenvolver e implementar tais ações. O gerenciamento dos resíduos da construção civil, ganhou mais evidência e força, após o surgimento da resolução do CONAMA, sendo cada vez mais importante os cuidados com os resíduos gerados. (PAZ, 2014)

A construção civil, contribui para uma elevada geração de resíduos onde são gerados durante a construção, a manutenção e a demolição. O gerenciamento responsável dos resíduos gerados em canteiros de obras requer uma compreensão das complexidades do processo de construção e as dificuldades em combinar as formas de disposição dos resíduos.

Para Morand (2016), é necessária uma combinação adequada das formas de disposição desses resíduos. Primeiramente a não geração do resíduo ou a redução do resíduo em sua fonte. Em segundo lugar, uma vez que o resíduo foi gerado sua reutilização deve ser considerada. A terceira forma de disposição possível é a reciclagem. Teríamos ainda a opção de incineração e o aterro sanitário, mas considerando o potencial de reciclagem do resíduo da construção, o foco da gestão dos resíduos da construção deve ser na redução, na reutilização e na reciclagem dos resíduos gerados nos canteiros de obra.

É com um planejamento adequado de cada passo da obra evitando-se os desperdícios pelo retrabalho e/ou falta de previsão de uma determinada etapa, que se é capaz de ter uma política eficiente de redução dos resíduos. (SANTOS, 2008). Esta redução abrange todo o processo construtivo, as quais devidamente integradas, reduzem o nível de perdas, diminuindo a geração de resíduos.

Segundo CARNEIRO ET AL (2001), a reutilização é uma alternativa de controle e minimização dos problemas ambientais causados pela geração de subprodutos de atividades urbanas e rurais. Por este motivo, essa prática possui uma importância essencial tendo em vista a escassez de matéria-prima no planeta.

A resolução 307, do CONAMA, define a reciclagem como sendo o processo de reaproveitamento após estes terem sido submetidos à transformação. A utilização deste material ao processo de produção resulta numa série de operações, sendo essas de coleta, desmonte e tratamento. Para serem considerados um agregado secundário, os resíduos devem ser selecionados, graduados e limpos adequadamente.



Na literatura, podemos verificar algumas aplicações de resíduos que foram reciclados e reutilizados sem perder suas características físico-químicas. LEVY (1995), levantou-se um estudo sobre as propriedades das argamassas produzidas com resíduos, utilizadas para revestimento. Além desse aproveitamento, a argamassa pode ser utilizada em assentamento de alvenarias até a regularização de pisos. O mesmo autor, afirma que quanto maior a quantidade de resíduo de argamassa na composição do RCD, menor o consumo de cimento.

2.3.1. APLICABILIDADE DO RESÍDUO DE CONSTRUÇÃO E DEMOLIÇÃO

Sendo a construção civil um dos principais setores a produzir resíduos, ela é também um dos setores que apresenta maior potencial para absorver os resíduos sólidos. Exemplos de aplicações têm sido apresentados por diversos autores dispostos como referências nesta revisão bibliográfica. Dentre as várias possibilidades, o material resultante da reciclagem de RCD pode ser aplicada para diversos fins, tais como: camadas de base e sub-base para pavimentação, coberturas primárias de vias, fabricação de argamassas de assentamento e revestimento, fabricação de concretos, fabricação de pré-moldados (blocos, meio-fio, dentre outros), camadas drenantes, etc.

Vieira e colaboradores (2004) avaliaram a viabilidade técnica e econômica da utilização de agregados reciclados provenientes de RCD, em concretos. A pesquisa realizada pelos referidos autores faz uma comparação entre concretos produzidos com agregados naturais e reciclados, substituindo 50% e 100% de agregados graúdos e miúdos, em cinco composições. Os resultados da pesquisa indicaram que os agregados reciclados em proporções devidamente dosadas podem melhorar algumas propriedades do concreto, como resistência à compressão e durabilidade.

Silva, Brito e Dhir (2016) realizaram algumas análises e, entre as afirmações, destacam que há uma profunda influência do aumento da absorção por parte de agregados reciclados na consistência da argamassa em função do aumento de área superficial, da irregularidade e da rugosidade do agregado reciclado, aumentando a fricção entre as partículas.

O processo de reciclagem na construção civil possui grande potencial pois grande parte dos materiais que compõem a construção podem facilmente incorporar resíduos. Concreto e tijolos podem ser triturados e usados como agregado secundário. Metal,



vidro e plástico podem ser transformados por meio de calor. Entretanto, ressalta-se novamente a importância de uma avaliação de sustentabilidade multicritérios, pois a utilização desse tipo de insumo para a fabricação de um novo produto não deve comprometer a sua qualidade e durabilidade (OLIVEIRA, 2015).

As diversas aplicações dos RCC vem sendo tema de estudo de alguns autores, onde eles apresentam possibilidades diferentes de uso do RCC na construção, aplicando-os para diferentes finalidades. Dentre as alternativas está incluso seu uso na pavimentação de vias, especificamente nas camadas de base e sub-base de pavimentos, além de coberturas primárias de vias (SILVA; MALHEIROS; CAMPOS, 2013).

Segundo Leal (2021) o RCC pode ser usado na fabricação de argamassas de assentamento e revestimento, produção de concretos e fabricação de pré-moldados, a exemplo de blocos, meio-fio e outros produtos.

Mais uma possibilidade é o agregado de concreto utilizado na fabricação de novos concretos, mostrando resultados satisfatórios, do ponto de vista técnico e de custos (PIMENTEL et al., 2018).

Por ser composto por diversos materiais o RCD é um assunto em que se pode realizar diversos estudos para se descobrir várias formas de apresentação e aplicação.

Um exemplo disso é o estudo elaborado por Reis (2016), que teve como objetivo analisar a inclusão de resíduos de cerâmica incorporados em uma massa cerâmica utilizada na fabricação de tijolos. Ao concluir o estudo, o autor confirmou sua viabilidade, pois, obteve sucesso ao eliminar de forma correta um passivo ambiental, trazendo como benefício a diminuição dos custos de produção e a elevação das propriedades finais dos tijolos (LEAL, 2021).

3. CONSIDERAÇÕES FINAIS

Através deste estudo é possível entender o quanto a construção civil pode impactar o meio ambiente e o quanto se faz necessário realizar o gerenciamento dos resíduos que são resultantes do crescimento da indústria da construção. Para que, a partir da correta destinação dos resíduos, eles possam vir a ser implementados na própria indústria da construção reduzindo os impactos ambientais e aumentando a economia da matéria prima, que é cada vez mais escassa.



É importante ressaltar que mesmo sendo comprovada a eficácia da reutilização dos resíduos sólidos em determinadas etapas da construção civil, ainda sim há um certo receio da sociedade em aplicar o produto uma vez que a mesma ainda acredita que os resíduos mesmo após tratados não apresentarão a qualidade de uma matéria-prima.

Existem muitas aplicações possíveis e muitas áreas para o crescimento da utilização dos materiais reciclados.

AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem ao Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil.

REFERÊNCIAS

- ASSUNÇÃO, L.T.; CARVALHO, G.F.; BARATA, M.S. (2007). Avaliação das propriedades das argamassas de revestimento produzidas com resíduos da construção e de demolição como agregado. *Exacta*, v. 5, n. 2, p. 223-230
- CARNEIRO, Alex Pires; CASSA, José Clodoaldo Silva; BRUM, Irineu Antônio Schadach. Reciclagem de entulho para a produção de materiais de construção – Projeto Entulho Bom. Salvador: EDUFBA; Caixa Econômica Federal, 2001. Disponível em: <<http://pt.slideshare.net/raphaelcava/livro-entulho-bom>>. Acesso em 24 abr. 2023
- CABRAL, Antonio Eduardo Bezerra; MOREIRA, Kelvya Maria de Vasconcelos. Manual sobre os resíduos sólidos da construção civil. Sindicato das Indústrias da Construção Civil do Ceará (SINDUSCON-CE). 2011. Disponível em: <<http://www.sinduscon-ce.org/ce/downloads/pqvc/Manual-de-Gestao-de-Residuos-Solidos.pdf>>. Acesso em 15 abr. 2023
- CONAMA: CONSELHO NACIONAL DO MEIO AMBIENTE. Resolução 307 de 05/07/2002: Estabelece diretrizes, critérios e procedimentos para a gestão dos resíduos da construção civil, disciplinando as ações necessárias de forma a minimizar os impactos ambientais. Brasília, 2002, 5 p.
- LAFAYETTE, K. P. V.; PAZ, D. H. F.; HOLANDA, M. J. O.; COSTA, L. A. R. R. Analysis of generation and characterization of construction and demolition waste on construction sites in the city of Recife, Brazil. *Revista Matéria*, v. 23, n. 3, 2018
- LEAL, A. Resíduos da Construção Civil: Uma Revisão Sobre as Possibilidades de Aplicação. *Revista Ibero-Americana de Humanidades, Ciências e Educação-REASE*, 6 jun. 2021.
- LEVY, S.M.; HELENE, P.R.L. Reciclagem de entulhos na construção civil, a solução política e ecologicamente correta. In: I SIMPÓSIO BRASILEIRO DE TECNOLOGIA DAS ARGAMASSAS, 1995, Brasil.



- MORAND, Fernanda Guerra. ESTUDO DAS PRINCIPAIS APLICAÇÕES DE RESÍDUOS DE OBRA COMO MATERIAIS DE CONSTRUÇÃO. 2016. 104 f. TCC (Graduação) - Curso de Engenharia, Escola Politécnica, Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2016. Disponível em: <https://docplayer.com.br/33999391-Estudo-das-principais-aplicacoes-de-residuos-de-obra-como-materiais-de-construcao.html>. Acesso em: 17 abr. 2023
- PAZ, Diogo Henrique Fernandes. DESENVOLVIMENTO DE UM SISTEMA DE APOIO AO GERENCIAMENTO DE RESÍDUOS SÓLIDOS DA CONSTRUÇÃO CIVIL EM CANTEIROS DE OBRAS DE EDIFICAÇÕES URBANAS. Recife, PE, 2014. Originalmente apresentada como dissertação de mestrado. Escola Politécnica da Universidade de Pernambuco, 2014
- PIMENTEL, Lia Lorena; PISSOLATO JUNIOR, Osvaldo; JACINTHO, Ana Elisabete Paganelli Guimarães de; MARTINS, Heline Laura de Sousa. Argamassa com areia proveniente da britagem de resíduo de construção civil –Avaliação de características físicas e mecânicas. Revista Matéria, v. 23, n. 1, 2018 Disponível em: <https://www.scielo.br/pdf/rmat/v23n1/1517-7076-rmat-S1517-7076201700010305.pdf>
- SANTOS, Almai do Nascimento. Diagnóstico da situação dos resíduos de construção e demolição (RCD) no município de Petrolina (PE. 2008. 112 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Engenharia, Universidade Católica de Pernambuco, Recife, 2008. Disponível em: chrome-extension://efaidnbmnnnibpcajpcglclefindmkaj/http://tede2.unicap.br:8080/bitstream/tede/46/1/dissertacao_almai.pdf. Acesso em: 24 abr. 2023.
- SILVA, Alex Fabiane Fares. Gerenciamento de resíduos da construção civil de acordo com a CONAMA 307/2002: Estudo de caso para um conjunto de obras de pequeno porte. Tese de Mestrado apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Saneamento, Meio Ambiente e Recursos Hídricos da Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte, 2007. Disponível em: <http://www.smarh.eng.ufmg.br/defesas/249M.PDF>>. Acesso em 17 abr. 2023
- G. L. Vieira, D. C. C. Dal Molin, Ambiente Construído 4, 4 (2004) 47.
- SILVA, R. V.; BRITO, J.; DHIR, R. K. Performance of cementitious renderings and masonry mortars containing recycled aggregates from construction and demolition wastes. Construction and Building Materials, v. 105, p. 400-415, 2016.
- OLIVEIRA, Talita Yasmin Mesquita. Estudo sobre o uso de materiais de construção alternativos que otimizam a sustentabilidade em edificações. Projeto de graduação apresentado ao curso de Engenharia Civil da Escola Politécnica, Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2015. Disponível em: <http://monografias.poli.ufrj.br/monografias/monopoli10014837.pdf>>. Acesso em 8 abr. 2023 Disponível em:



<<http://monografias.poli.ufrj.br/monografias/monopoli10014837.pdf>>. Acesso em 8 abr. 2023

SILVA, Núbia Cristina da; MALHEIROS, Agostinho Carneiro; CAMPOS, Roberto. A reciclagem e o destino final dos resíduos sólidos de construção e demolição produzidos no município de Goiânia, CONGRESSO BRASILEIRO DE GESTÃO AMBIENTAL, 4, Salvador, 2013 Anais... IV CBGA, 2013. Disponível em: <https://www.ibeas.org.br/congresso/Trabalhos2013/III-034.pdf>. Acesso em: 06 maio 2021.

SEGURANÇA DO TRABALHO NAS OPERAÇÕES DE COLHEITA FLORESTAL NO BRASIL: UM PANORAMA DE 11 ANOS (2011-2021)

WORKPLACE SAFETY IN FOREST HARVEST: AN 11-YEAR OVERVIEW (2011-2021)

DOI: 10.51859/ampla.mas3200-10

Julia Isabella de Matos Rodrigues¹
Paula Daniele Martins Moraes²
Joathan Cipriano Castro²
Hiago Felipe Cardoso Pacheco¹
Francisco de Assis Oliveira³
Walmer Bruno Rocha Martins⁴

¹ Mestrado em Ciências Florestais (em andamento) – Programa de Pós-Graduação em Ciências Florestais. Universidade Federal Rural da Amazônia – UFRA

² Graduando do curso de Engenharia Florestal. Universidade Federal Rural da Amazônia – UFRA

³ Professor Titular do Instituto de Ciências Agrárias. Universidade Federal Rural da Amazônia – UFRA

⁴ Professor Adjunto do campus Capitão Poço. Universidade Federal Rural da Amazônia – UFRA

RESUMO

O risco de acidentes é um problema recorrente nas operações de colheita florestal, por isso foram criadas normas regulamentadoras que obrigam a utilização de equipamento de proteção individual (EPI's). Nesse cenário, o objetivo deste trabalho foi monitorar a distribuição e a origem das publicações sobre segurança do trabalho em operações de colheita florestal no Brasil publicadas nos últimos 11 anos (2011-2021). Realizou-se um levantamento quali-quantitativo, por meio da plataforma *Google Scholar*, de trabalhos acadêmicos publicados de janeiro de 2011 a dezembro de 2021, referente à segurança do trabalho nas operações de colheita florestal. No total, foram encontrados 14 trabalhos, dos quais a maioria refere-se a artigos científicos publicados em periódicos. O total de publicações encontrado distribui-se em apenas 6 estados brasileiros, sendo Paraná (28,57%), Minas Gerais (21,43%) e Espírito Santo (14,29%) os que mais publicaram. Dos estados da região Norte do país, apenas o Amazonas apresentou estudo de caso. A distribuição do número de trabalhos sobre

segurança do trabalho nos estados brasileiros está diretamente relacionada à produção florestal da região. Paraná, Minas Gerais e Espírito Santo, por exemplo, dispõem das maiores áreas de florestas plantadas do país. Além disso, o Paraná é o maior produtor de Pinus do Brasil, o que justifica o maior número de trabalhos neste estado. Como consequência à limitação no número de pesquisas sobre o tema, retarda-se as melhorias nos equipamentos de proteção, reduzindo o conforto e a segurança dos trabalhadores.

Palavras-chave: Saúde do trabalhador. Produção florestal. Ergonomia.

ABSTRACT

The risk of accidents is a frequent problem in forest harvest operations, that is the reason why regulatory norms were implemented to compel the use of individual protective equipment. In this scenario, the study aims to monitor the origin and distribution of papers about workplace safety in forest harvest operations in Brazil published from 2011 to 2021. A quali-

quantitative gathering, through the Google Scholar engine, of academic papers published from January 2011 to December 2021 referring to workplace safety in forest harvest operations. 14 papers were found in total, from which most part was published in periodicals. All the papers found were distributed in just 6 states, mostly from Paraná (28,57%), Minas Gerais (21,43%) and Espírito Santo (14,29%). From the states of the North region only Amazonas presented a study case. The distribution of the number of papers about workplace safety in the Brazilian states is strictly related to the forest production of the region. For instance, the states of Minas

Gerais, Paraná and Espírito Santo own the biggest planted forest areas of the country. Furthermore, the state of Paraná is the biggest producer of Pinus, which justifies the higher number of papers from this state. As a consequence of the limited number of researches in this field, improvements of the individual protective equipment are retarded, also reducing safety and comfort of the workers.

Keywords: Employees health. Forest production. Ergonomics.

1. INTRODUÇÃO

Na floresta, a colheita é caracterizada como sendo um conjunto das operações que visam preparar e levar a madeira até o local de transporte, utilizando técnicas e padrões estabelecidos, a fim de transformá-la em produto final (MACHADO; SILVA; PEREIRA, 2014). No Brasil, esta operação é ainda mais importante, pois segundo a Associação Brasileira de Produtores de Florestas Plantadas – ABRAF (2012) o setor florestal brasileiro é um dos mais desenvolvidos e competitivos do mundo, tendo contribuído com 6% do Produto Interno Bruto (PIB) industrial, promovendo a geração de 4,4 milhões de empregos diretos e indiretos. Somado a isso, os investimentos em programas sociais totalizaram 149 milhões de reais, distribuídos em programas de inclusão social, educação e meio ambiente (ABRAF, 2012).

A atividade de colheita florestal é composta por várias etapas de corte, como derrubada, desgalhamento, descascamento, traçamento, destopamento e pré-extração, e por isso requer maquinários específicos, além de profissionais capacitados para o manuseio dos equipamentos (NASCIMENTO et al., 2011; IRWIN, et al., 2023). Um problema recorrente das operações de colheita são os riscos de acidente (MICHAEL & GORUCU, 2021; MACHADO et al., 2014), que podem ser causados por ruídos e vibrações excessivas provenientes dos equipamentos ou pela derrubas de árvores, por exemplo (HINZE et al., 2021). Adicionado a isso, um agravante dos riscos de acidente é a ineficácia do sistema público de saúde, o qual é o principal meio de prestação de serviço às vítimas de lesões no ambiente de trabalho, haja vista que muitas agroindústrias oferecem pouco amparo à saúde e à segurança do trabalhador (HAVINGA; BANCROFT; RAE, 2021;

SILVEIRA et al., 2005). Diante dos riscos aos quais os trabalhadores são expostos, medidas de segurança e de proteção exequíveis para os trabalhadores foram criadas (POTOËNIK; PENTEK, 2009), tais como a Norma Rural Regulamentadora 31 – NRR 31, do Ministério do Trabalho, a qual visa estabelecer regras e preceitos que previnam acidentes e doenças nos mais diversos âmbitos do trabalho rural, incluindo o setor silvicultural (BRASIL, 2005).

Dessa maneira, sabendo da importância do setor florestal brasileiro, a compilação de informações sobre segurança do trabalho nas operações de colheita florestal é indispensável para que o país avance na produção. Para isso, uma técnica muito utilizada atualmente por diversos pesquisadores e em variadas vertentes é a bibliometria (LIMA; QUEVEDO-SILVA, 2015; MARTINS et al., 2020; RODRIGUES et al., 2021). A técnica quali-quantifica a produção científica, e auxilia na reunião de informações da literatura sobre determinado tema e em um tempo pré-estabelecido. Nesse cenário, o objetivo deste trabalho foi compilar as principais informações sobre a segurança do trabalho em operações de colheita florestal no Brasil, publicadas nos últimos 11 anos (2011-2021), e identificar as perspectivas sobre o tema.

2. METODOLOGIA

Realizou-se um levantamento quali-quantitativo de trabalhos publicados de janeiro de 2011 a agosto de 2021, referente à segurança do trabalho nas operações de colheita florestal. A busca foi realizada na plataforma do Google Scholar (<https://scholar.google.com.br/>), que abrange inúmeros periódicos e bases de pesquisa nacionais e internacionais, utilizando as seguintes palavras-chave nos idiomas inglês e português: “segurança do trabalho”; “colheita florestal”; “operações florestais”. Para esta pesquisa, consideraram-se apenas estudos de campo realizados no Brasil e publicados em periódicos, excluindo revisões bibliográficas (Figura 1). De cada artigo coletou-se as seguintes variáveis: a) ano de publicação; b) local em que a pesquisa foi desenvolvida; c) tipo de atividade desenvolvida; d) problemas identificados pelos autores; e) soluções sugeridas pelos autores. Os dados obtidos foram tabulados em planilhas do Microsoft Excel. Além disso, a literatura explorada aliada a outros trabalhos como livros, teses e dissertações também auxiliaram na compilação de informações sobre o processo histórico e avanço da segurança do trabalho no Brasil.

Figura 1 - Procedimentos e critérios estabelecidos para realizar a análise bibliométrica sobre segurança do trabalho em operações de colheita florestal no Brasil.

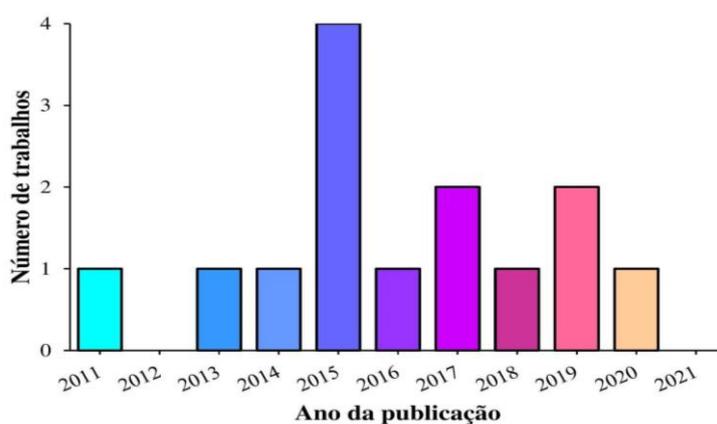


Fonte: Autoria própria

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

No total, foram encontrados apenas 14 trabalhos publicados nos últimos 11 anos no Brasil, dos quais 69,29% (n=9) correspondem a artigos científicos publicados em periódicos; 21,49% (n=3) são oriundos de Trabalhos de Conclusão de Cursos de Especialização e o restante (14,29%) divide-se em tese e dissertação. O maior número de trabalhos publicados sobre o tema foi observado no ano de 2015, seguido de 2017 e 2019 (Figura 2). Nos anos de 2011, 2013, 2014, 2016 e 2018, constatou-se apenas 1 estudo de caso; e em 2012 e 2021, não foram encontradas publicações sobre segurança do trabalho em operações de colheita florestal.

Figura 2 - Distribuição da produção científica sobre segurança do trabalho em operações de colheita florestal no Brasil nos últimos 11 anos (2011-2021).



Fonte: Autoria própria

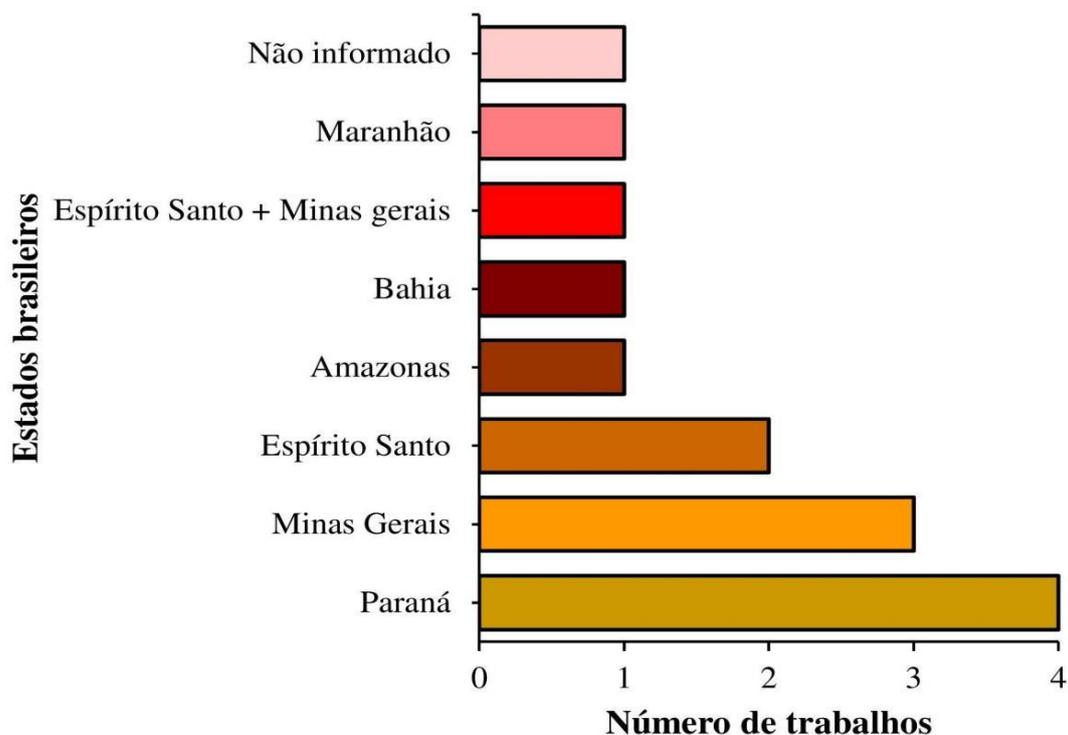
O baixo número de trabalhos encontrados reflete o descaso com a pesquisa acerca da segurança do trabalho em operações de colheita florestal, pois na maioria dos casos, esta ciência é vista como dispêndios supérfluos (BOWEN; HINZE; GRIFFITHS, 2019; SCHETTINO, 2016). No entanto, o aumento considerável no ano de 2015, quando comparado a 2014 pode ser explicado pelo aumento da contribuição das florestas plantadas para a produção de carvão (IBÁ, 2017). Isto implica no aumento das operações florestais, no aumento da carga horária de trabalho e, conseqüentemente, no incremento dos riscos de acidentes, havendo a necessidade de estudos sobre as condições da segurança do trabalho nesse ambiente. Entretanto, o posterior declínio das publicações possivelmente relaciona-se ao avanço da mecanização nas operações de colheita, onde os riscos de acidentes foram minimizados (DAVID; FIEDLER; BAUM, 2014).

O total de publicações encontrado distribui-se em apenas 6 estados brasileiros, sendo que a maior parte das publicações é oriunda do estado do Paraná (28,57%), Minas Gerais (21,43%) e Espírito Santo (14,29%) (Figura 3). Apenas um trabalho foi desenvolvido em dois estados simultaneamente, sendo eles Espírito Santo e Minas Gerais. Dos estados da região Norte do país, apenas o Amazonas apresentou estudo de caso, tendo esse resultado ligação direta com a produção florestal da região. Segundo o Instituto IBÁ (2020) Paraná, Minas Gerais e Espírito Santo, por exemplo, dispõem das maiores áreas de florestas plantadas do país, com destaque para o Paraná, maior produtor de Pinus do Brasil, o que justifica o maior número de trabalhos nesse estado. Na região Norte, o Amazonas destaca-se por apresentar 53 das 90 indústrias de celulose da região (IBÁ, 2020).

A relação das publicações com a produtividade florestal corrobora com a ideia de que os avanços na segurança do trabalho auxiliam na otimização da produção, uma vez que quanto melhor a disponibilidade de equipamentos adequados e o conhecimento em práticas individuais e coletivas de segurança no ambiente de trabalho, maior será a produtividade dos trabalhadores (KARANIKAS *et al.*, 2017; LURIA & YAGAL, 2010). Observou-se também que de maneira geral, as atividades manuais como carregamento e descarregamento de madeira, são as principais causadoras de prejuízos ao colaborador de campo, podendo acarretar prejuízos físicos e psicológicos (LAGERSTROM, 2019). Isso porque tais atividades envolvem problemas ergonômicos e

movimentos repetitivos, os quais têm influência direta sobre a saúde do trabalhador e, conseqüentemente, sobre a eficiência da operação (SOUZA; MINETTE, 2002).

Figura 2 - Distribuição da produção científica, nos estados brasileiros, sobre segurança do trabalho em operações de colheita florestal nos últimos 11 anos (2011-2021).



Fonte: Autoria própria

Por meio dos resultados obtidos nas pesquisas dos trabalhos pôde-se notar que a limitação de perspectivas futuras está diretamente relacionada, principalmente ao: 1) uso indevido ou ausência dos EPIs, infringindo as normas reguladoras da segurança e saúde no trabalho rural, mais especificamente as normas NR6 e NR31; 2) ausência de planos de riscos ambientais em caso de acidentes e 3) falta de capacitação profissional para os colaboradores envolvidos no trabalho. Evidenciou-se também a necessidade de fomento de pesquisas científicas sobre a segurança do trabalho em operações de colheita florestal, principalmente nos estados que não foram encontrados trabalhos.

Em relação aos principais problemas enfrentados, a maioria reflete os riscos de acidentes de trabalho nas operações de colheita florestal, principalmente no que tange às operações manuais, como derrubada e desgalhamento de árvores (Tabela 1). Nas operações mecanizadas, os ruídos e a vibração excessiva de maquinários ocasionam intensos impactos para a saúde do operador. Somado a isso, imprudências tanto por

parte da empresa quanto do operador, intensificam os índices de acidentes em locais de trabalho (Tabela 1).

Tabela 1 - Principais problemas relatados nas publicações realizadas nos últimos 11 anos (2011-2021) sobre segurança do trabalho em operações de colheita florestal.

Problemas	Causa	Autores
Ruído excessivo, desgaste físico, movimentos repetidos, lesões musculares, sobrecarga de serviço	Operações manuais	Nascimento; Catai, 2017; Golemba, 2019; Schettino <i>et al.</i> , 2020; Vieira <i>et al.</i> , 2015; Fiedler <i>et al.</i> , 2015; Souza <i>et al.</i> , 2015; Minette <i>et al.</i> , 2015
Vibração excessiva; movimentos repetitivos; ruídos excessivos; problemas causados pelo relevo	Operações mecanizadas	Lima, 2018; Schettino; Moraes; Minette, 2019
Falta de treinamento para manipulação de equipamentos, ausência de plano de gestão de risco; oferece pouco tempo de descanso para os operadores	Imprudência da empresa	Golemba, 2019; Nascimento; Emmert; Robert, 2017; Nascimento; Catai, 2017; Schettino, 2016
O operador não utiliza EPI pois relata desconforto; postura incorreta	Imprudência do operador	Lopes <i>et al.</i> , 2011; Silva <i>et al.</i> , 2013; Schettino <i>et al.</i> , 2016

Fonte: Autoria própria

4. CONSIDERAÇÕES FINAIS

O trabalho permitiu perceber a liderança dos estados do Paraná, Minas Gerais e Espírito Santo quanto a produção científica sobre o tema em questão. No entanto, constatou-se a limitação de trabalhos relacionados ao tema no país, havendo a necessidade de fomento a maiores pesquisas na área.

AGRADECIMENTOS

Ao Laboratório de Manejo de Ecossistemas e Bacias Hidrográficas (LABECOS) e ao programa de Pós-Graduação em Ciências Florestais (PPGCF) da Universidade Federal Rural da Amazônia pelo apoio logístico na realização da pesquisa.

REFERÊNCIAS

- ABRAF, Associação Brasileira de Produtores de Florestas Plantadas. Anuário estatístico da ABRAF: ano base 2012. Disponível em <http://www.bibliotecaflorestal.ufv.br/handle/123456789/3910> Acesso em 13 de agosto de 2021.
- BOWEN, J.; HINZE, A.; GRIFFITHS, C. Investigating real-time monitoring of fatigue indicators of New Zealand forestry workers. *Accident Analysis & Prevention*, v. 126, p. 122-141, 2019.
- BRASIL, Ministério do Trabalho e Emprego. Norma Regulamentadora 31 – Segurança e saúde no trabalho na agricultura, Pecuária, Silvicultura, Exploração Florestal e Aquicultura, 2005. Disponível em: <https://www.gov.br/trabalho-e-previdencia/pt-br/aceso-a-informacao/participacao-social/conselhos-e-orgaos-colegiados/ctpp/arquivos/normas-regulamentadoras/nr-31-atualizada-2020.pdf>
- DAVID, H.; FIEDLER, N. C.; BAUM, L. Ergonomia e segurança na colheita florestal: uma revisão ante a NR 17 e a NR 31. *Enciclopédia Biosfera*, v. 10, n. 18, 2014.
- FIEDLER, N. C.; ALEXANDRE FILHO, P. C. R. T.; CARMO, F. C. A.; GONÇALVES, S. B.; LACHINI, E. Análise biomecânica da carga e descarga manual de madeira de eucalipto. *Nativa*, v. 3, n. 3, p. 179-184, 2015.
- GOLEMBA, S. V. Riscos associados ao corte semimecanizado de florestas plantadas de pinus. 2019. Trabalho de Conclusão de Curso (Especialização em Engenharia de Segurança do Trabalho) - Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Curitiba, 2019.
- HAVINGA, J.; BANCROFT, K.; RAE, A. Deciding to stop work or deciding how work is done?. *Safety Science*, v. 141, p. 105334, 2021
- HINZE, A.; KONIG, J. L.; BOWEN, J. Worker-fatigue contributing to workplace incidents in New Zealand Forestry. *Journal of Safety Research*, v. 79, p. 304-320, 2021.
- IBÁ INDÚSTRIA BRASILEIRA DE ÁRVORES. Relatório Anual Ibá 2017. São Paulo: Café Art, 2017. Disponível em: <https://iba.org/eng/datafiles/publicacoes/relatorios/iba-relatorio-anual2017.pdf> Acesso em: 12 ago 2021
- IBÁ INDÚSTRIA BRASILEIRA DE ÁRVORES. Relatório Anual Ibá 2020. São Paulo: Café Art, 2020. Disponível em: <https://iba.org/datafiles/publicacoes/relatorios/relatorio-iba-2020.pdf> Acesso em: 16 ago 2021
- IRWIN, A.; TONE, I. R.; SOBOCINSKA, P.; LIGGINS, J.; JOHANSSON, S. Thinking five or six actions ahead: Investigating the non-technical skills used within UK forestry chainsaw operations. *Safety Science*, v-163, p- 106112, 2023.

- KARANIKAS, N.; MELIS, D. J.; KOUROUSIS, K. I. The Balance Between Safety and Productivity and its Relationship with Human Factors and Safety Awareness and Communication in Aircraft Manufacturing. *Safety and Health at Work*, v. 9, n. 3, p. 257–264, 1 set. 2018.
- LANGERSTROM, E.; MAGZAMEN, S.; KINES, P.; BRAZILE, W.; ROSECRANCE, J. Determinants of Safety Climate in the Professional Logging Industry. *Safety*, v. 5, p. 35, 2019.
- LIMA, Luiz Fernando; QUEVEDO-SILVA, Filipe. Inteligência Emocional na gestão de projetos: uma análise bibliométrica. *Simpósio Internacional de Gestão de Projetos, Inovação e Sustentabilidade*, 2015.
- LIMA, C. F. Fatores ergonômicos, operacionais e produtividade de operadores de máquinas de colheita florestal. 2018. 96 f. Dissertação (Mestrado em Ciência Florestal) - Universidade Federal de Viçosa, Viçosa. 2018.
- LOPES, E. S.; Vosniak, J.; Fiedler, N. C.; INOUE, M. T. Análise dos fatores humanos e condições de trabalho em operações de implantação florestal. *Floresta*, v. 41, n. 4, 2011.
- LURIA, G.; YAGIL, D. Safety perception referents of permanent and temporary employees: Safety climate boundaries in the industrial workplace. *Accident Analysis and Prevention*, v. 42, n. 5, p. 1423–1430, set. 2010.
- MACHADO, C. C.; SILVA, E. N.; PEREIRA, R. S. O setor florestal brasileiro e a colheita florestal. In: MACHADO, C. C. *Colheita florestal*. 3 ed. Viçosa: UFV, 2014. 543 p.
- MARTINS, W. B. R.; LIMA, M. D. R.; BARROS JUNIOR, U. O.; AMORIM, L. S. V. B.; OLIVEIRA, F.A.; SCHWARTZ, G. Ecological methods and indicators for recovering and monitoring ecosystems after mining: A global literature review. *Ecological Engineering*, v. 145, p. 105707, 2020.
- MICHAEL, J.; GORUCU, S. Occupational tree felling fatalities: 2010–2020. *American Journal of Industrial Medicine*, v. 64, n. 11, p. 969-977, 2021.
- MINETTE, L. J.; SCHETTINO, S.; SOUZA, V. G. L.; DUARTE, C. L.; SOUZA, A. P. Avaliação biomecânica e da carga física de trabalho dos trabalhadores florestais em regiões montanhosas. *Scientia Forestalis*, Piracicaba, v. 43, n. 107, p. 541-550, 2015.
- NASCIMENTO, A. C; LEITE, A. M. P.; SOARES, T. S.; FREITAS, L. C. Avaliação técnica e econômica da colheita florestal com feller-buncher. *Cerne*, v. 17, n. 1, p. 9-15, 2011.
- NASCIMENTO, K. A. O.; CATAI, R. E. Dimensionamento e classificação de riscos da colheita florestal em relevo declivoso. *BIOFIX Scientific Journal*, v. 2, p. 28-33, 2017.



- NASCIMENTO, K. A. O.; EMMERT, F.; ROBERT, R. C. G. Aspectos da qualidade do trabalho relacionados à exploração florestal na Amazônia central. *BIOFIX Scientific Journal*, v. 2, p. 23-27, 2017.
- POTOËNIK, I.; PENTEK T.; POJE, A. Severity analysis of accidents in forest operations. *Croatian Journal of Forest Engineering*, Los Angeles, USA, v.30, n.2, p.171-184, 2009.
- RODRIGUES, J. I. M.; AMARAL, L. F. F.; MARTINS, W. B. R.; SANTOS JUNIOR, H. B.; AMORIM, L. S. V.-B.; RANGEL-VASCONCELOS, L. G. T. Aporte e estoque de serapilheira no Brasil: uma análise bibliométrica da produção científica de 2008 a 2019. *Scientia Plena*, v. 17, n.6, 2021.
- SCHETTINO, S. Precarização do trabalho: riscos e agravos à saúde e segurança ocupacional dos trabalhadores na colheita florestal em propriedades florestais. 2016. 103 f. Tese (Doutorado em Ciência Florestal) - Universidade Federal de Viçosa, Viçosa. 2016.
- SCHETTINO, S.; GUIMARÃES, N. V.; SILVA, D. L.; SOUZA, C. L. L.; MINETTE, L. J.; PAULA JUNIOR, J. D.; SCHETTINO, C. F. Relação entre a ocorrência de acidentes de trabalho e a baixa escolaridade dos trabalhadores no setor florestal/Relationship between the work accidents occurrence and the low schooling level by the forest sector workers. *Brazilian Journal of Development*, v. 6, n. 4, p. 22567-22589, 2020.
- SCHETTINO, S.; MORAES, A. C.; MINETTE, L. J. Avaliação dos riscos ocupacionais aos trabalhadores da colheita florestal mecanizada. *Nativa*, v. 7, n. 4, p. 412-419, 2019.
- SILVA, E. P.; MINETTE, L. J.; SOUZA, A. P.; MARÇAL, M. A.; SANCHES, A. L. P. Fatores organizacionais e psicossociais associados ao risco de LER/DORT em operadores de máquinas de colheita florestal. *Revista Árvore*, v. 37, p. 889-895, 2013.
- SILVEIRA, C. A; ROBAZZI, M. L. C. C; MARZIALE, M. H. P; DALRI, M. C. B. Acidente de trabalho entre trabalhadores rurais e da agropecuária identificado através de registros hospitalares. *Ciência, Cuidado e Saúde*, v. 4, n. 2, p. 120-128, 2005.
- SOUZA, A. P.; MINETTE, L. J. Ergonomia aplicada ao trabalho. In: *Colheita Florestal*. Cap. 10. Editora: UFV, 2002. 297 p.
- SOUZA, A. P.; DUTRA, R. B. C.; MINETTE, L. J.; MARZANO, F. L. C.; SCHETTINO, S. Metas de produção para trabalhadores de corte florestal. *Revista Árvore*, v. 39, p. 713-722, 2015.
- VIEIRA, F.; FIEDLER, N.; LOUSADA, J. L.; GONÇALVES, S.; CHICHORRO, J.; CARMO, F. Posturas e Carga Física de Trabalho na Colheita Florestal Semimecanizada. *Silva Lusitana*, v. 23, 2015.



CAPÍTULO XI

GUARDA MUNICIPAL EM AÇÕES AMBIENTAIS EFETIVAS NA COMUNIDADE DE NOSSA SENHORA DO LIVRAMENTO DA RESERVA DE DESENVOLVIMENTO SUSTENTÁVEL DO TUPÉ: UMA ANÁLISE À LUZ DA CONSTITUIÇÃO FEDERAL E DAS LEIS ESPECÍFICAS GARANTIDORAS DE UM PATRULHAMENTO AMBIENTAL ALTERNATIVO NAS UNIDADES DE CONSERVAÇÃO DE MANAUS

MUNICIPAL GUARD IN EFFECTIVE ENVIRONMENTAL ACTIONS IN THE COMMUNITY OF NOSSA SENHORA DO LIVRAMENTO OF THE TUPÉ SUSTAINABLE DEVELOPMENT RESERVE: THE LIGHT FEDERAL CONSTITUTION AND THE SPECIFIC LAWS GUARANTEEING AN ALTERNATIVE ENVIRONMENTAL PATROL IN THE CONSERVATION UNITS OF MANAUS

DOI: 10.51859/ampla.mas3200-11

Antonio Jorge Barbosa da Silva ¹
Maria Cláudia da Silva Antunes de Souza ²

¹ Doutor em Biodiversidade e Biotecnologia pela Universidade do Estado do Amazonas, Mestre em Gestão de Áreas Protegidas na Amazônia, pelo Instituto Nacional de Pesquisas da Amazônia (INPA). Bacharel em Direito pelo Centro Universitário do Norte – UNINORTE.

² Doutora e Mestre em "Derecho Ambiental y de la Sostenibilidad" pela Universidade de Alicante - Espanha. Mestre em Ciência Jurídica pela Universidade do Vale do Itajaí - Brasil, Bacharel em Direito pela Universidade do Vale do Itajaí - Brasil. Professora Permanente no Programa de Pós-Graduação Stricto Sensu em Ciência Jurídica, nos cursos de Doutorado e Mestrado e, na Graduação no Curso de Direito da Universidade do Vale do Itajaí - UNIVALI.

RESUMO

O objetivo geral do artigo é verificar a atuação dos guardas municipais em ações ambientais efetivas na comunidade de Nossa Senhora do Livramento da reserva de desenvolvimento sustentável do Tupé, uma análise à luz da constituição federal e das leis específicas garantidoras de um patrulhamento ambiental alternativo nas unidades de conservação de Manaus. Quanto aos objetivos das pesquisas classifica-se como qualitativa, descritiva e exploratória. Os meios de pesquisa foram bibliográficos pesquisado em artigos, livros, internet e revista. Além de pesquisa documental provenientes da Secretaria de Segurança Pública do Amazonas, Centro Integrado de Operações de Segurança (CIOPS) e Secretaria Municipal de Meio Ambiente e Sustentabilidade (SEMMAS). A

análise de dados ocorre através da utilização do Programa estatístico IBM SPSS *Statistics*, versão 21. Conclui-se, através dos crimes ambientais que a comunidade necessita de segurança pública permanente e atuante. E a ausência dessa esfera social de segurança, que influencia a qualidade de vida, questiona-se para onde são destinados recursos públicos da segurança que não atinge a comunidade Nossa Senhora do Livramento do Tupé, já que quando comparado com os recursos destinados com a realidade da comunidade não se verifica segurança pública apropriada a população, o que influencia o aumento de ocorrências ambientais.

Palavras-chave: Guardas Municipais. Segurança Pública. Unidades de Conservação.

ABSTRACT

The general objective of the article is to verify the performance of the municipal governments in effective environmental actions in the community of Nossa Senhora do Livramento of the Tupé sustainable development reserve, the light of the federal constitution and the specific laws guaranteeing an alternative environmental patrol in the conservation units of Manaus. As for the objectives of the research, it is classified as qualitative, descriptive and exploratory. The means of research were bibliographic researched in articles, books, internet and magazine. In addition to documentary research from the Secretariat of Public Security of Amazonas, Integrated Center for Security Operations (CIOPS) and Municipal

Secretariat of Environment and Sustainability (SEMMAS). Data analysis occurs using the IBM SPSS *Statistics* statistical program, version 21. It is concluded, through environmental crimes, that the community needs permanent and active public security. And the absence of this social sphere of security, which influences the quality of life, questions where public resources are destined for security that does not reach the community Nossa Senhora do Livramento do Tupé, since when compared with the resources allocated to the reality of the community there is no appropriate public security for the population, which influences the increase in environmental occurrences.

Keywords: Municipal Guards. Public Safety. Conservation Units.

1. INTRODUÇÃO

A Reserva de Desenvolvimento Sustentável (RDS) do Tupé é uma comunidade rural, administrativamente pertence ao Município de Manaus, cuja origem e formação remontam a elementos peculiares de agrupamentos, voltados para a perspectiva de trabalho. Sua formação se vincula, diretamente, à inserção de um empreendimento nas terras que hoje constituem a comunidade, o que, portanto, pode-se inferir como o agrupamento social inicial.

A RDS do Tupé é uma área protegida e possui um rico ecossistema, porém, com o manejo sustentável, pode constituir fonte de emprego e renda para os habitantes das comunidades ribeirinhas da Amazônia.

Na RDS do Tupé existem seis comunidades: Tatú ou Tatulândia, São João do Tupé, Colônia Central, Julião, Agrovila e Nossa Senhora do Livramento, que são reservas protegidas pelo seu rico ecossistema e estão inseridas no Corredor Central da Amazônia (SEMMAS, 2020).

Essa pesquisa foca na comunidade Nossa Senhora do Livramento. A criação da comunidade está ligada à história e ao processo de criação da RDS do Tupé, pois seu surgimento visou à proteção da área em que está localizada no Lago do Tupé. O Poder Público Municipal, em 1990, declarou a Praia do Tupé como Área de Relevante Interesse Ecológico (ARIE), através da Lei Orgânica do Município de Manaus. Em 1995, por meio



da Lei Municipal nº 321, foi criada a Unidade Ambiental do Tupé (UNA – Tupé), que passou a integrar o Sistema Municipal de Unidades de Conservação (UC).

Entretanto essas comunidades situadas em locais de conservação sofrem constantes ameaças de crime devido à sua rica biodiversidade. Cabe o poder público e estadual minimizar os índices de insegurança e proteger de modo ostensivo e preventivo os cidadãos, bem como o patrimônio público, inclusive, englobando no exercício de suas funções a conservação do patrimônio cultural, social e ambiental (SILVA, 2016).

Os guardas municipais são os agentes especializados na proteção das Unidades de Conservação (UC), bem como as Reservas de Desenvolvimento Sustentável (RDS), segundo Silva (2018) a atuação do Guarda Municipal tem em vista a responsabilidade de proteção ambiental, visando assim, superar as limitações estruturais e financeiras dos órgãos municipais na concretização da proteção ambiental das Unidades de Conservação de Manaus,

O objetivo geral do artigo é verificar a atuação dos guardas municipais em ações ambientais efetivas na comunidade de Nossa Senhora do Livramento da reserva de desenvolvimento sustentável do Tupé, a luz constituição federal e das leis específicas garantidoras de um patrulhamento ambiental alternativo nas unidades de conservação de Manaus.

2. METODOLOGIA

A pesquisa está relacionada a Comunidade Nossa Senhora do Livramento está situada na RDS no Tupé, na cidade de Manaus, no Amazonas. Geograficamente, a Comunidade Nossa Senhora do Livramento, e está a aproximadamente 20,71 km em linha reta do Porto de Manaus, considerada a maior em densidade populacional possuindo maior conexão com o município de Manaus-AM, em função de sua proximidade.

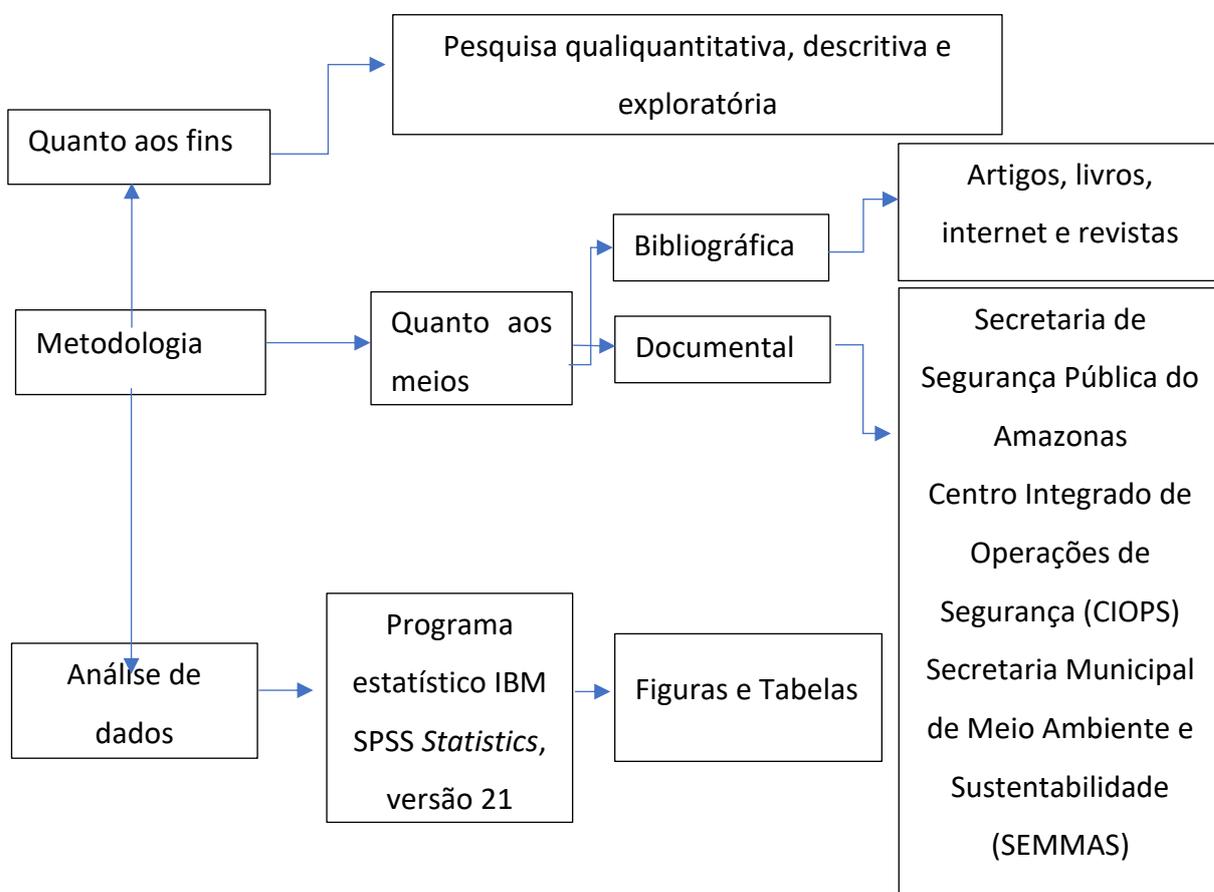
O tipo de abordagem do estudo, quantos aos objetivos da pesquisa, classifica-se como quali-quantitativa, descritiva e exploratória. Conforme Barbagelata (2022) a pesquisa qualitativa, envolve a obtenção de dados descritivos, obtidos no contato direto do pesquisador com a situação estudada, e a quantitativa fomenta mensurar e quantificar obtenção de dados que vão comprovando ou derrubando a hipótese ou construindo novas, facilitando um entendimento mais padronizado dos dados obtidos.

Os meios de pesquisa foram bibliográficos pesquisado em artigos, livros, internet e revista. Além de pesquisa documental provenientes da Secretaria de Segurança Pública do Amazonas, Centro Integrado de Operações de Segurança (CIOPS) e Secretaria Municipal de Meio Ambiente e Sustentabilidade (SEMMAS).

A análise de dados ocorre através da utilização do Programa estatístico IBM SPSS *Statistics*, versão 21.

A Figura 1 é o desenho da pesquisa, no qual apresentam-se os fins, a metodologia e a análise de dados do estudo.

Figura 9. Desenho da pesquisa (classificação e etapas)



Fonte: Autor (2022).

3. RESULTADO E DISCUSSÃO

A Constituição da República Federativa do Brasil em seu Art.144 descreve que a segurança pública é dever do Estado, direito e responsabilidade de todos, e deve ser exercida para a preservação da ordem pública e da incolumidade das pessoas e do patrimônio, através de diferentes órgãos (BRASIL, 1998).

O Brasil contém as maiores extensões de vegetação tropical nativa, incluindo mais da metade das florestas tropicais remanescentes, mas nas últimas décadas elas foram rapidamente convertidas para outros usos. Para neutralizar essa conversão contínua de terras em terras agrícolas, empresas florestais e de mineração, um sistema grande e complexo de áreas protegidas foi gradualmente estabelecido. A rede completa de áreas protegidas no Brasil inclui terras indígenas, territórios quilombolas (terras comunais afro-brasileiras) e várias categorias de parques e reservas, chamadas unidades de conservação, gerenciadas pelo governo estadual ou federal (MARQUES; PERES, 2015).

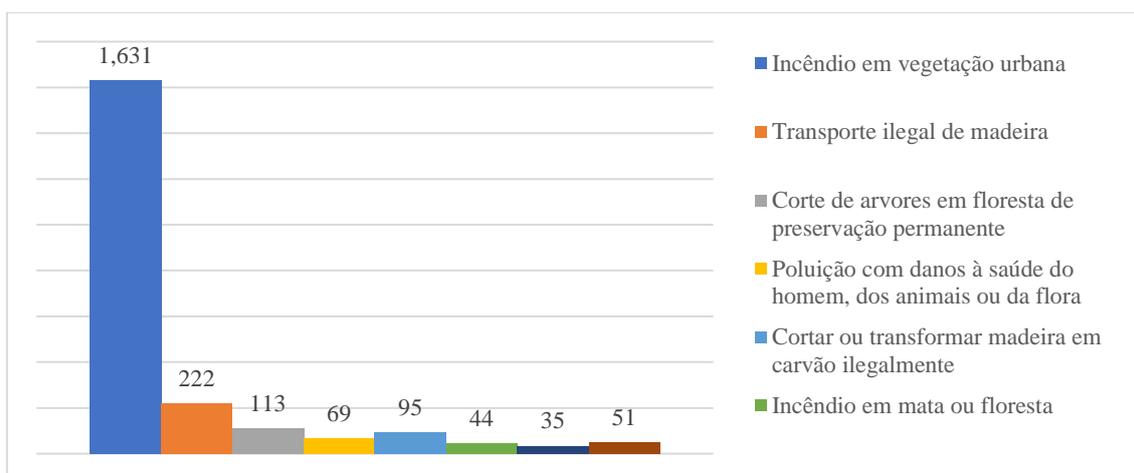
Segundo Ribeiro (2017), os crimes contra o meio ambiente tipificados nessa lei são divididos em cinco grandes grupos: (1) crimes contra a fauna; (2) crimes contra a flora; (3) poluição e outros crimes ambientais; (4) crimes contra o ordenamento urbano e o patrimônio cultural; (5) crimes contra a administração ambiental. O registro do crime permite uma análise de sua incidência a partir daqueles eventos relatados.

Silva (2015) ensina que a Guarda Municipal (GM) exerce, atualmente, uma função de proteção e vigilância do patrimônio público. Todavia, os guardas almejam uma maior visibilidade através da atuação como agentes de educação ambiental, descrevendo a relevância de suas funções à proteção do Meio Ambiente e difundindo os conhecimentos científicos e tradicionais para a sociedade.

A fim de ilustrar os períodos de 2015 a 2019 e para enriquecer e corroborar o estudo proposto por Silva *et al.* (2020, p. 415), solicitou-se, junto ao CIOPS, um relatório de crimes ambientais, conforme ilustra a Figura 2. Os dados foram organizados como: natureza do crime ambiental, período da realização do delito – 2015 a 2019 –, bem como o total geral por natureza do crime contra o meio ambiente.



Figura 10. Registro anual das ocorrências registradas no CIOPS de Crimes Contra o Meio Ambiente de 2015 até 2019, de acordo com a natureza do delito, no município de Manaus



Fonte: Centro Integrado de Operações de Segurança (CIOPS, 2019).

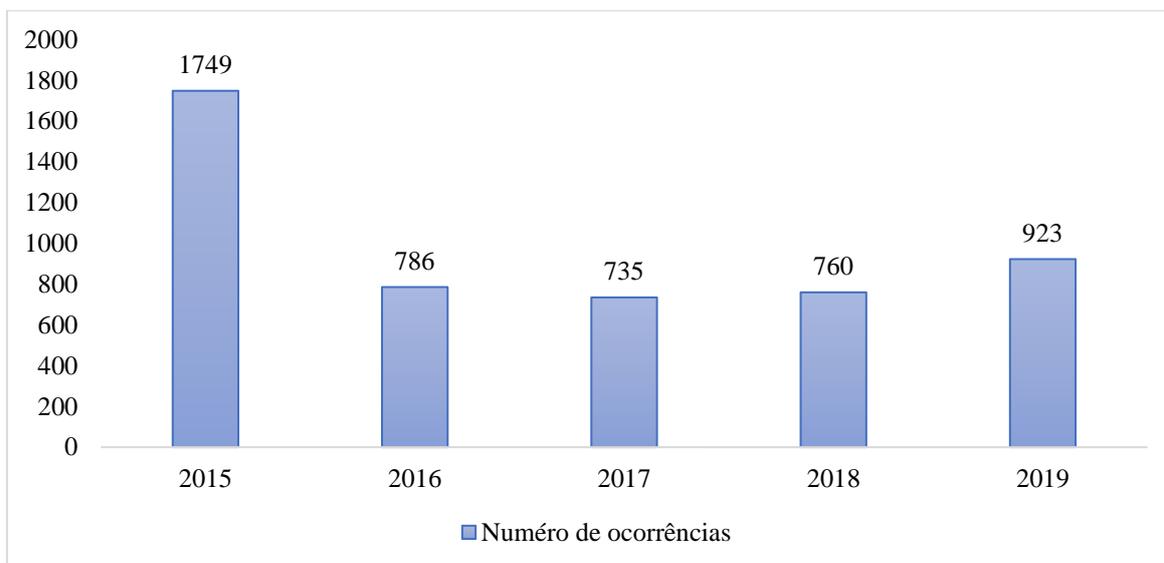
Evidencia-se que, entre o ano de 2015 e 2019, foram registradas 4.427 ocorrências em um total de todos os anos tabulados. Todavia, o ano com maior índice foi o de 2015, no qual registraram-se 867 crimes ambientais nesse período. No entanto, quando organizadas as informações por natureza do crime ambiental, verifica-se que incêndios em vegetação urbana são os crimes mais numerosos, uma vez que, somente no ano de 2015, foram registradas 623 ocorrências.

Assim, de acordo com a Figura 2, do total do registro de ocorrência, 67,62% (N= 1.631) foram em incêndios em vegetação urbana, 9,20% (N = 222) no transporte ilegal de madeira, 4,68% (N= 113) em corte de árvore em floresta de preservação permanente, 3,94% (N= 69) poluição com danos à saúde do homem, dos animais ou da flora.

Tal policiamento torna-se necessário devido aos números de ocorrências registradas pelo Centro Integrado de Operações de Segurança (CIOPS) de Crimes Contra o Meio de Manaus.

Os primeiros dados encontrados formam o Registro anual das ocorrências registradas no CIOPS de Crimes Contra o Meio Ambiente de 2015 a 2019 no município de Manaus, apresentados na Figura 3.

Figura 11. Registro anual das ocorrências registradas no CIOPS de Crimes Contra o Meio Ambiente de 2015-2019 no município de Manaus



Fonte: Centro Integrado de Operações de Segurança (CIOPS, 2019).

Conforme as informações acima apresentadas, verifica-se que, entre os anos de 2015 e 2019, foram registrados 4.427 crimes contra o meio ambiente, realizados dentro e no entorno das UCs de Manaus. No ano de 2015, deu-se o maior índice de ocorrências registradas no CIOPS, em um total de 1749 crimes, porque, nos anos seguintes, 2016, 2017, 2018 e 2019, foram registrados no CIOPS, respectivamente, 786, 735, 760 e 923 ocorrências.

Portanto, fica nítido que o papel da GM também passa a ser de fundamental importância na defesa do meio ambiente, mas sendo necessário que os gestores equipem suas corporações para que seja possível exercer a atividade, fazendo com que essa categoria seja um instrumento de sua política Ambiental Municipal.

Diante do exposto, observa-se que, na RDS do Tupé, as comunidades não possuem segurança. A ausência de implementação de políticas públicas na área de segurança é contribui com os números de ocorre por crime ambientais, apesar de a prefeitura de Manaus ter sua Guarda Municipal, com previsão legal para suprir essa lacuna constitucional.

Conforme dados obtidos pelo gestor da RDS do Tupé (Sr. Marcos Antônio Vaz de Lima), não existe policiamento na Comunidade do Livramento, exceto quando solicitado

em eventos realizados na comunidade e com gastos custeados pelos moradores. Ressalvado quando solicitada a central de emergência de polícia (“Disk – 190”).

Já na proteção do meio ambiente e com base nas questões jurídicas existentes no Brasil, fundamentadas pela Constituição Federal de 1988, em seu §8º do artigo 144, e pela Lei Orgânica do Município de Manaus de 1990 (LOMAM), em seu artigo 8º, inciso VI e parágrafo único; bem como na Lei Federal nº 13.022, de 8 de agosto de 2014, no artigo 5º, inciso VII, previu-se a instituição do Estatuto Geral das Guardas Municipais. O referido artigo institui aos Guardas Municipais a capacidade de agir na preservação ambiental com ações preventivas e protetivas, podendo integrar-se com os demais órgãos de poder de polícia administrativa, conferido pelo poder público municipal (SILVA; SILVA; MIRANDA, 2020, p. 411 *apud* BRASIL, 2014).

Aos governos municipais, cabe a responsabilidade de implementar ações que visem a proteção ambiental, mas, para que haja êxito, uma política ambiental deve apresentar três elementos: objetivos claros, instrumentos e agentes. Nesse sentido, os municípios podem utilizar a Guarda Municipal (GM) como agente para realizar a fiscalização ambiental, com amparo constitucional e cumprindo a lei nº 13.022/14, que traz, em seu inciso VII, que é competência da GM “proteger o patrimônio ecológico, histórico, cultural, arquitetônico e ambiental do Município, inclusive adotando medidas educativas e preventivas”.

No estudo de Do Norte Filho (2023) o autor constatou que as Unidades de Conservação do Estado do Amazonas é possível se verificar a presença de Povos Tradicionais, o que denota a necessidade de políticas públicas de regularização fundiária voltadas a esses povos de modo a permitir a segurança de permanência sobre as terras que habitam.

Diante das exposições apresentadas, apresenta-se uma proposta de ações da guarda municipal no patrulhamento e apoio ao turista e meio ambiente de Manaus que, certamente, servirá de contribuição para qualificação e inserção de um grupo especializado da guarda municipal de Manaus nas questões ambientais urbanas, sem comprometer a competência e atribuição dos agentes de fiscalizações e gestores das Unidades de Conservações da Secretaria Municipal de Meio Ambiente e Sustentabilidade.



Neste sentido, os estudos realizados por Silva *et al.* (2015) reforçam a importância dos convênios firmados com a Escola do Servidor para o treinamento e aperfeiçoamento dos profissionais que irão trabalhar junto à Secretaria Municipal de Meio Ambiente e Sustentabilidade (SEMMAS). Salientando, como essencial para a sobrevivência dos Parques, a atuação de novos agentes educadores, a fim de elevar significativamente as atividades voltadas para a conscientização socioambiental.

A proposta de instrumentos técnicos e legais (administrativos e normativos) na formação de um corpo especializado na seara ambiental, que se adéque e possibilite o atendimento das demandas oriundas das ocorrências registradas, poderá ocorrer por meio da Secretaria Nacional da Segurança Pública (SENASP) para a matriz curricular das Guardas Municipais do Brasil. A tabela 1 expõe a formação e operacionalização do patrulhamento e apoio ao turista e meio ambiente de Manaus.

Tabela 6 - Metas Formação e Operacionalização do Patrulhamento e Apoio ao Turista e Meio Ambiente de Manaus

Meta 1	Curso de Formação da Guarda de Patrulhamento e Apoio ao Turista e Meio Ambiente de Manaus. Habilitar 100 guardas especializados para o serviço ambiental através do curso de formação contendo os módulos: Combate a Incêndio Florestal; Língua Portuguesa; Policiamento Florestal e de Mananciais; Comunicações e uso de GPS; Procedimentos Operacionais; Noções de Inglês; Gestão de Resíduos Sólidos; Fundamentos da Ecologia; Educação Ambiental; Direito Ambiental e Legislação Aplicável; Primeiros Socorros e Meio Ambiente; Planejamento Ambiental; Legislação Turística; Conhecimento Urbano; Turismo e Meio Ambiente; totalizando 180 horas/aula, a serem ministradas durante 6 (seis) meses.
Meta 2	Aparelhamento e Equipamento da Guarda. Neste contexto, a Guarda de Patrulhamento e Apoio ao Turista e Meio Ambiente de Manaus receberá toda a estrutura logística para o desempenho de suas funções, como viaturas de patrulhamento motorizado (<i>pick-up</i> e motocicletas), botes para patrulhamento aquático, rádios <i>HandTrunking</i> e <i>GPS</i> , fardamentos e materiais de proteção individual.

Fonte: Autor (2020).

Enquanto os demais grupamentos têm a função primordial de proteger a vida, a guarda municipal na seara ambiental tem a finalidade de proteger o meio ambiente em

todas as suas formas, visto que este permite, abriga e rege a vida em todas as suas formas, ou seja, o grupamento tem a obrigação de evitar o dano ao meio ambiente, de modo que a comunidade possa viver em um ambiente equilibrado, pois, quando ocorre o dano ambiental, ocorre uma série de consequências negativas para toda a comunidade.

Sugere-se, como foi feito em Macaé, Maringá e Sapucaia e em tantos outros municípios, que haja uma maior atenção voltada para esse quesito e que, tal como ocorreu em Recife, por meio da Lei nº 18.211, regulamentada pelo Decreto nº 30.324/2017, que dê autonomia para a Guarda Municipal lavrar autos de infração ambiental e instaurar processos administrativos, bem como serem designados para a atividade de fiscalização ambiental. A Tabela 2 realiza um comparativo legal de normas referentes aos Guardas Municipais.

Tabela 7 - Comparativo da Guarda Municipal em diferentes municípios do Brasil

GUARDA MUNICIPAL	CRIAÇÃO	LEGISLAÇÃO	EFETIVO
Macaé	2007	Lei Complementar nº 183/2007	45
Manaus	2007	Decreto municipal nº8.851/2007	12
Maringá	2007	Lei Complementar nº 671/2007	130
Sapucaia	2017	Lei nº 2.700 de 19 de julho de 2017	32
Recife	2017	Decreto nº 30.324/2017	90

Fonte: Autor (2020).

Diante das informações apresentadas verifica-se que GM tem o papel de ocupar, na segurança pública, o espaço da prevenção, como está explícito no Manual de Prevenção à Violência do Ministério de Justiça. Além disso, esse profissional deve atuar na mediação dos conflitos de forma pacífica e ordenada, respeitando as especificidades de cada localidade, que só o morador da região conhece. Dessa forma e, sobretudo, efetuar essa ação com a finalidade de proteger a fauna e a flora, coibindo práticas ilegais

que degradam o meio ambiente, como: descarte irregular de resíduos; lançamentos de efluentes; som em desacordo, entre outras formas de poluição.

Conclui-se que a Guarda Municipal tem a missão de proteger o patrimônio ecológico, atuando no espaço público, parques, monumentos históricos, com ações e práticas educativas voltadas à conservação do meio ambiente, mas os resultados mostram que a forma de atuação dos Guardas Municipais é insatisfatória, devido a uma falta de entendimento por parte dos agentes sobre suas atribuições para atuar na UC. Recomenda-se que os gestores equipem suas corporações para que seja possível exercer a atividade fazendo com que essa categoria seja um instrumento de sua política Ambiental Municipal.

Nesse sentido, este estudo propõe múltiplas ações que sugerem diferentes pontos para reflexão sobre as discussões e debates a respeito da segurança pública em áreas naturais protegidas. Em última análise é importante salientar que as propostas relatadas por este trabalho não esgotam, mas sim iniciam as discussões sobre o tema abordado.

4. CONSIDERAÇÕES FINAIS

O estudo verificou a efetividade das políticas públicas no âmbito da segurança na Comunidade de Nossa Senhora do Livramento do Tupé, após pesquisa o intuito foi atingido porque foi apurado que a região não possui nenhum tipo de policiamento ou estratégia de segurança. Ou seja, os resultados são alarmantes, porque a comunidade não possui nenhum tipo de policiamento e, conforme dados oferecidos pelo CIOPS.

Contudo, verificou-se através dos crimes ambientais que a comunidade necessita de segurança pública permanente e atuante. E a ausência dessa esfera social de segurança, que influencia a qualidade de vida, questiona-se para onde são destinados recursos públicos da segurança que não atinge a comunidade Nossa Senhora do Livramento do Tupé, já que quando comparado com os recursos destinados com a realidade da comunidade não se verifica segurança pública apropriada a população, o que influencia o aumento de ocorrências ambientais.

Assim, os dados provenientes da pesquisa agregaram não apenas os aspectos acadêmicos, como também as políticas de governo para essa comunidade através de

um panorama que evidenciou as condições de segurança dessas pessoas. Contribuindo, com a compreensão geopolítica das formas de intervenção social da localidade.

REFERÊNCIAS

- BARBAGELATA, Terezinha de Jesus Rodrigues. O letramento no ensino-aprendizagem no curso de língua estrangeira em uma instituição de educação superior em Belém (PA) Ponta Grossa: Aya, 2022
- BRASIL. Lei Federal nº 13.022, de 8 de agosto de 2014. Dispõe sobre o Estatuto Geral da Guardas Municipais. Diário Oficial da União, v. 152-A, p. 1, 8 de agosto de 2014.
- BRASIL. Constituição (1988). Constituição da República Federativa do Brasil. Brasília: Senado Federal, 2007.
- DO NORTE FILHO, Antonio Ferreira et al. Os povos tradicionais e a garantia de permanência nas unidades de conservação por meio do direito real de uso. *Research, Society and Development*, v. 12, n. 1, p. 19312135946-19312135946, 2023.
- MANAUS. Lei nº 321, de 20 de dezembro de 1995. Define e delimita as áreas que constituirão o Sistema Municipal de Unidades de Conservação, cria as Unidades Ambientais do Município de Manaus. 1995. Diário Oficial. n. 28.369, A.102, 31 de janeiro de 1996.
- MANAUS. Decreto nº 8.044 De 25 De Agosto De 2005. Cria A Reserva De Desenvolvimento Sustentável Do Tupé (Redes Do Tupé). Diário Oficial. n 1313, v. 6, 30 de agosto de 2005.
- MARQUES, A.A.B.; PERES, C.A. Pervasive legal threats to protected areas in Brazil. *Oryx*, v. 491, p. 25-29, 2015.
- RIBEIRO, R.E. Crimes Ambientais registrados pela Polícia Civil no Distrito Federal: uma análise entre os anos de 2009 e 2015. *Revista Brasileira de Criminalística*, v. 6, n. 1, p. 7-13, 2017.
- SEMMAS. Secretaria Municipal de Meio Ambiente e Sustentabilidade. Secretaria Municipal de Meio Ambiente e Sustentabilidade. Geneva: Prefeitura de Manaus. Disponível em: <http://www.manaus.am.gov.br>. Acesso em 20/03/2021.
- SEMMAS. Secretaria Municipal de Meio Ambiente e Sustentabilidade. Plano de Gestão da Reserva de Desenvolvimento Sustentável do Tupé. Amazonas: Volumes I, revisão final, 2017a.
- SEMMAS. Secretaria Municipal de Meio Ambiente e Sustentabilidade. Plano de Gestão da Reserva de Desenvolvimento Sustentável do Tupé. Amazonas: Volumes II, revisão final, 2017b.

- SILVA, A.J.B.; SILVA, Y.F.T. da; MIRANDA, I.P.A. A Atribuição da guarda municipal em ações ambientais efetivas nas unidades de conservação de Manaus. PRACS: Revista Eletrônica de Humanidades do Curso de Ciências Sociais da UNIFAP, Macapá, v. 13, n. 2, p. 409-421, jul./dez. 2020.
- SILVA, Ygor Felipe Távora Da. A legalidade da atuação da guarda municipal como agente de educação ambiental. Dissertação aprovada (Mestre em Direito Ambiental) Programa de Pós-Graduação em Direito Ambiental, da Universidade do Estado do Amazonas - UEA, 2016.
- SILVA, Y.F.T. *et al.* A potencialidade da guarda municipal como agente de educação ambiental: a formação de um programa piloto no parque nascentes do Mindu e parque do Mindu. 2015. Dissertação (Mestrado em Gestão de Áreas Protegidas do Amazonas) – Instituto Nacional de Pesquisas da Amazônia – INPA, Manaus, 2015.
- SILVA, Antonio Jorge Barbosa da A atribuição da guarda municipal em ações ambientais efetivas nas unidades de conservação de Manaus. Trabalho de Conclusão de Curso (Mestrado Profissional em Gestão de Áreas Protegidas da Amazônia) Instituto Nacional de Pesquisa da Amazônia MPGAP/INPA, 2018).



VAZÕES ECOLÓGICAS: UM CAMINHO PARA O DESENVOLVIMENTO REGIONAL SUSTENTÁVEL

ECOLOGICAL FLOWS: A WAY TO SUSTAINABLE REGIONAL DEVELOPMENT

DOI: 10.51859/ampla.mas3200-12

Rayanne Bezerra de Melo ¹
Celme Torres Ferreira da Costa ²
Estelita Lima Cândido ³
Maria das Dores Milena de Sousa Leite ⁴

¹ Mestranda em Desenvolvimento Regional Sustentável. Programa de Pós-Graduação em Desenvolvimento Regional Sustentável - UFCA

² Professora Adjunta da Universidade Federal do Cariri - UFCA

³ Professora Adjunta da Universidade Federal do Cariri – UFCA

⁴ Mestranda em Desenvolvimento Regional Sustentável. Programa de Pós-Graduação em Desenvolvimento Regional Sustentável – UFCA

RESUMO

A água é um recurso essencial à vida e às atividades socioeconômicas do homem. Devido à sua importância, muitas vezes a água é consumida de forma indiscriminada, o que pode levar ao seu esgotamento pela sua oferta não ser capaz de suprir a demanda exigida pelos seus diversos usos. Em vista da possibilidade de situações desse tipo, medidas devem ser tomadas pelos poderes públicos para garantir a conservação dos recursos hídricos, assegurando que os seus usos sejam realizados de forma sustentável para que tanto as gerações atuais quanto as futuras tenham acesso à disponibilidade de água suficiente para suas atividades sem que comprometam o meio ambiente. Dentre as medidas que podem ser adotadas para a preservação dos recursos hídricos, está a adoção de vazões ecológicas, que permitem uma retirada de volumes de água, assegurando uma vazão mínima de escoamento no corpo hídrico responsável pela sua manutenção à longo prazo. Esse trabalho consiste em uma revisão de literatura que objetiva expor as crises hídricas e suas causas e propor a implementação de vazões ecológicas nos afloramentos de águas subterrâneas da

Bacia Sedimentar do Araripe como forma de preservar a água na região e os ecossistemas a ela relacionados. Diante do levantamento realizado, observou-se que pouco se fala sobre a adoção de vazões ecológicas em afloramentos subterrâneos, e ainda que a legislação atual não contempla o tema. Por fim, concluiu-se que a adoção dessa medida na legislação brasileira é fundamental para se alcançar o 6º Objetivo de Desenvolvimento Sustentável.

Palavras-chave: Recursos hídricos. Desenvolvimento Sustentável. Vazões ecológicas. Água. Chapada do Araripe.

ABSTRACT

Water is an essential resource for life and socioeconomic activities of mankind. Due to its importance, many times water is consumed indiscriminately, which can lead to its depletion as its supply may not be able to meet the demand required for its various uses. In view of the possibility of such situations, measures must be taken by public authorities to ensure the conservation of water resources, ensuring that its uses are carried out in a sustainable manner



so that both present and future generations have access to sufficient water availability for their activities without compromising the environment. Among the measures that can be adopted for the preservation of water resources is the adoption of ecological flows, which allow for the withdrawal of water volumes while ensuring a minimum flow of water in the water body responsible for its long-term maintenance. This work consists of a literature review that

aims to expose water crises and their causes, and propose the implementation of ecological flows in the groundwater outcrops of the Araripe Sedimentary Basin as a way to preserve water in the region and the ecosystems related to it.

Keywords: Water resources. Sustainable development. Ecological flows. Water. Araripe Plateau.

1. INTRODUÇÃO

A escassez hídrica está associada à combinação de fatores climáticos naturais, relacionados à localização geográfica, e também à demanda excessiva de água pela sociedade, que pode exceder a capacidade de oferta de água pela natureza, podendo essa escassez ser persistente ou sazonal (VARGAS, 1999). Frente ao panorama de drásticas mudanças climáticas e escassez hídrica, é crucial direcionar uma atenção especial a áreas onde a água se renova naturalmente no ambiente, ou seja, nas nascentes (FIGUEREDO, 2019).

O Nordeste brasileiro é historicamente marcado por eventos extremos de secas, cujo agravamento vêm ocorrendo devido ao aquecimento global. As consequências geradas pelas secas no Nordeste vão desde impactos na vida das pessoas até a interferência nas atividades econômicas da região, como a irrigação (GOMES, 2021). As chuvas no semiárido nordestino em particular sofrem forte influência de padrões atmosféricos e oceânicos de grande escala, que ocorrem nos oceanos Pacíficos e Atlântico Tropical, causando uma variabilidade e irregularidade da pluviometria na região (LUCENA et al., 2011).

A região do Cariri, localizada ao Sul do Estado do Ceará, é apontada como uma exceção à semiaridez do Nordeste brasileiro devido às condições hidrogeológicas que a compõem. Essa categorização da região se dá principalmente pela capacidade de acumulação hídrica do aquífero suspenso presente na camada da Formação Exu, que prevalece em toda a Chapada do Araripe, sendo a Bacia Sedimentar do Araripe a maior reserva de água subterrânea existente no Estado (GUERRA, 2020; IBGE, 2017).

Dessa forma, essa reserva é a principal fonte de abastecimento da região, contemplando usos de abastecimento público, industrial e irrigação, sendo a água captada por meio de poços tubulares, poços escavados e fontes hidrológicas (COSTA,



2020). Dada a importância das águas subterrâneas na Região do Cariri, é de grande interesse o estabelecimento de práticas preservacionista destas, buscando o equilíbrio entre o uso e o potencial hídrico oferecido pelos aquíferos existentes na Chapada do Araripe, a fim de que seja garantido o uso sustentável da água na região.

Este trabalho consiste numa revisão bibliográfica narrativa sobre a preservação dos recursos hídricos e a adoção de vazões ecológicas em fontes sob a ótica do desenvolvimento regional sustentável. Para tanto, o Google Acadêmico foi utilizado como ferramenta de seleção de uma base de dados de artigos publicados em revistas e em eventos no Brasil, bem como livros correlatos ao tema, além de documentos oficiais e da legislação brasileira vigente que se debrucem sobre regulação e conservação das águas.

2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

2.1. A INTERDISCIPLINARIDADE ENTRE AS CIÊNCIAS AMBIENTAIS E A HIDROLOGIA

As ciências ambientais têm como propósito mitigar e orientar práticas para o uso racional dos recursos naturais, ocorrendo mediante estudos e aplicações tecnológicas que sejam sustentáveis e que considerem não só o crescimento econômico, mas que também dê igual ênfase às dimensões ambiental e social (ROSA, 2022).

A criação da Política Nacional de Educação Ambiental (PNEA) no Brasil proporcionou um destaque especial a essas ciências, abrindo espaço para o debate e a formação de uma consciência crítica acerca do tema, trazendo à luz, em seu Artigo 1º, a interdependência entre os seres humanos e a natureza, ao salientar que o meio ambiente é um bem de uso comum e essencial à sadia qualidade de vida e sua sustentabilidade (BRASIL, 1999).

Os debates gerados em torno das ciências ambientais envolvem diversas outras ciências, que vão desde a ecologia, biologia e geografia, passando pelas ciências sociais e pela economia, até os temas de engenharias. Esse fato demonstra que as ciências ambientais não se tratam de um tema novo, mas que a sua inovação ocorre pela sua interdisciplinaridade com outras ciências específicas já conhecidas, em que dentre essas, se inclui a hidrologia (CAVALCANTI et al., 2019).

Dentro das ciências hidrológicas existe o estudo das águas continentais, cujos objetivos são a preservação, recuperação e manutenção dos recursos hídricos em níveis



adequados, de forma a garantir a viabilidade da vida no planeta, a qual não existiria sem a presença da água. O consumo irracional e o desperdício desse recurso vital podem levar ao seu drástico esgotamento que, mesmo sendo renovável, pode não ser capaz de acompanhar o consumo derivado das ações e interferências antrópicas (HAYASHI, 2020). É diante dessa problemática que se percebe a importância do desenvolvimento de pesquisas que se preocupem com a disponibilidade dos recursos hídricos, sejam eles rios, aquíferos subterrâneos, reservatórios superficiais, ou fontes hidrológicas.

Nessa perspectiva, a manutenção dos ecossistemas e a preservação da fauna e flora em relação aos corpos hídricos dependem da garantia de uma quantidade mínima de água, chamada de vazão ecológica. A garantia dessa vazão ecológica deve assegurar um equilíbrio entre as demandas de uso da água pelo homem com as necessidades dos ecossistemas. No entanto, as autorizações de uso de recursos hídricos no Brasil, geralmente, não consideram as limitações hídricas naturais e os padrões dos habitats. Portanto, o planejamento e gerenciamento adequados dos recursos hídricos são indispensáveis para reduzir e prevenir problemas ambientais, ao passo que se garante uma adequada vazão ecológica, identificando a disponibilidade de água real nos mananciais e sua potencialidade para captação e uso (VESTENA et al., 2012).

2.2. APLICAÇÃO DAS VAZÕES ECOLÓGICAS NO DESENVOLVIMENTO REGIONAL SUSTENTÁVEL DO CARIRI

O desenvolvimento sustentável, conhecido atualmente, foi conceituado pelo Relatório Brundtland como sendo aquele que “atende às necessidades do presente sem comprometer a capacidade das gerações futuras de atender às suas próprias necessidades” (COMISSÃO MUNDIAL SOBRE MEIO AMBIENTE E DESENVOLVIMENTO, 1991). Conforme Boff (2012), o desenvolvimento sustentável está apoiado em três pilares distintos, que são as dimensões econômica, social e ambiental, devendo, portanto, o desenvolvimento ser economicamente viável, socialmente justo e ambientalmente correto.

Com a preocupação em alcançar um desenvolvimento sustentável, a ONU lançou, em 2015, a Agenda 30, composta por 17 Objetivos do Desenvolvimento Sustentável (ODS) que identificam as prioridades globais acerca do tema e vislumbram a erradicação da pobreza, a proteção e preservação do meio ambiente e o crescimento



econômico para as nações, além de buscar garantir a paz e a prosperidade para as pessoas e o planeta (ONU, 2015a). Os ODS são o tema central da Agenda 30 e foram criados com o intuito de serem atingidos até o ano de 2030 pelos 193 Estados-membro das Nações Unidas que assumiram esse compromisso (UNICEF, 2015).

Dentre os temas relacionados com a dimensão ambiental abordados pelas ODS, encontra-se o 6º objetivo que versa sobre a conservação dos recursos hídricos e sua perpetuidade. Essa preocupação é explicitada no item 6.4, que se refere ao aumento da eficiência do uso da água em todos os setores, garantindo retiradas sustentáveis, além de abordar a problemática da escassez hídrica, de forma a reduzir o número de pessoas que sejam impactadas por ela (ONU, 2015b).

Esse contexto de escassez hídrica é uma condição muito frequente no nordeste brasileiro, onde o fenômeno das secas é cíclico, fazendo com que a gestão hídrica seja um desafio a ser enfrentado (OTOCH et al.; 2019). Macêdo (2019) expõe o caso de Quixeramobim-CE, que em 2018 estava prestes a colapsar em um cenário de crise hídrica devido a este fenômeno, o qual poderia, por exemplo, ocasionar a perda das produções no campo e a mortalidade de animais. Diante dos cenários recorrentes de escassez de água no Nordeste, a questão dos recursos hídricos deve ser observada com muito esmero, exigindo uma gestão destes que seja adequada e eficiente, sendo fundamental para proporcionar o desenvolvimento de empreendimentos sustentáveis na região (ALMEIDA et al., 2021).

Dessa forma, uma das ferramentas indispensáveis ao gerenciamento dos recursos hídricos é o equacionamento da água, ou seja, o balanço hídrico, pois é partindo dele que é possível implementar estratégias em eventos hídricos extremos. O balanço hídrico proporciona a estabilidade das condições naturais do ambiente, mas as diversas ações humanas, como as queimadas, uso e ocupação do solo e o uso intensivo dos recursos hídricos, são capazes de modificar o ciclo hidrológico, afetando o armazenamento de água pelo solo, a evapotranspiração, e o escoamento superficial e subterrâneo (ALBUQUERQUE, 2019).

A adoção de um balanço hídrico equilibrado, em que a utilização da água respeite a manutenção do ciclo hidrológico, permite que seja possível seu uso continuado não só pelas gerações atuais, como também pelas gerações futuras. As consequências geradas pelo desequilíbrio desse balanço são capazes de provocar prejuízos para a sociedade,



em consequência da extinção dos papéis desempenhados pela água na natureza (BENETTI et al., 2003).

Um outro fenômeno hidrológico que merece atenção quanto à proteção e manutenção são os afloramentos de águas subterrâneas, as quais são definidas por Simão et al. (2023) como uma interceptação natural do aquífero pela superfície do terreno, onde ocorre a descarga da água subterrânea para a superfície. Silva et al. (2019) descreve em seu estudo os impactos gerados devido à intensa exploração que ocorreu ao longo dos anos da fonte Muritiba, no município de Lençóis na Bahia. Dentre as consequências levantadas pela autora estão: a redução do volume de água do sistema coletor da bacia do Rio Paraguaçu; interferências no ciclo reprodutivo de espécies, as quais utilizavam a nascente em período de reprodução; e a alteração da periodicidade do afloramento, que era perene e se tornou temporário. Cenários como esse evidenciam a importância da proteção e preservação das fontes hídricas, de maneira que assegure uma vazão mínima adequada para que não interfira nos processos naturais e na dinâmica do ambiente que as integram.

A Região do Cariri é detentora de 293 fontes das 344 fontes da Bacia Sedimentar do Araripe, em que sua surgência ocorre na encosta da Chapada. Desses 293 afloramentos, 69 foram inventariados em 2005 pela Companhia de Gerenciamento de Recursos Hídricos (COGERH), dos quais 58 estão situados no município do Crato, e 11 no município de Barbalha (GOMES, COSTA, MESQUITA; 2007). A COGERH realiza o monitoramento de 10 fontes que afloram no Cariri, consideradas as mais importantes para a região, cuja relevância se dá pelas suas vazões de escoamento, consideradas altas, e pelas suas diversidades de uso (COGERH, 2023).

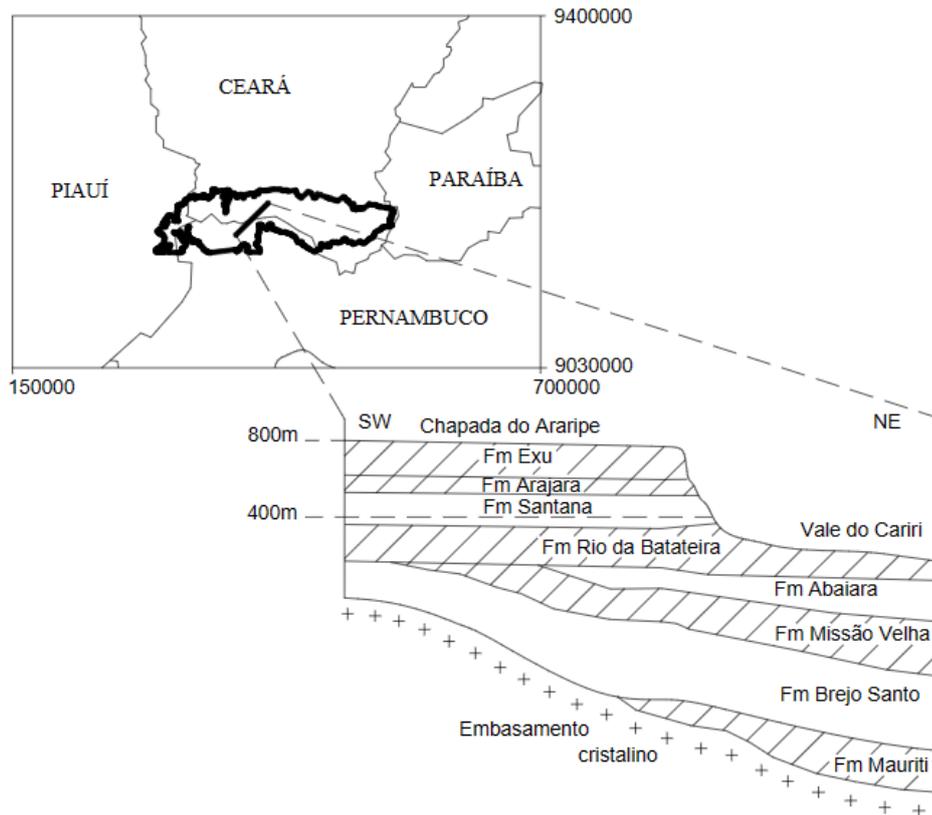
O afloramento das fontes no Cariri são fruto da Formação da Bacia Sedimentar do Araripe, cuja diversificação litológica é caracterizada por sequências alternadas de arenitos, siltitos, calcários, argilitos e folhelhos, ocasionando uma alternância de aquíferos, aquitardos e aquícludes, sendo que a principal fonte de recarga ocorre por meio do maciço arenoso localizado no topo da Chapada denominado de Formação Exu, como ilustra a Figura 1 (AGUIAR, 2012). A divisão hidrogeológica da Bacia do Araripe foi proposta por Mont'alverne (1996) da seguinte maneira:

- Formações Exu e Arajara (Sistema Aquífero Superior);
- Formação homônima (Aquiclude Santana);



- Formações Rio da Batateira, Abaiara e Missão Velha (Sistema Aquífero Médio);
- Formação homônima (Aquicludo Brejo Santo);
- Formação Mauriti e a parte basal da Formação Brejo Santo (Sistema Aquífero Inferior).

Figura 12- Mapa da Bacia Sedimentar do Araripe e sua estratigrafia.



Fonte: Machado, 2004.

Como exposto anteriormente, os afloramentos de água são importantes para a manutenção dos ecossistemas e a perpetuidade dos volumes de água. Dada importância e repercussão das fontes hidrológicas na natureza, levanta-se a preocupação do seu esgotamento na Região do Cariri devido a sua exploração indiscriminada pelo homem. Frente a essa conjuntura, a adoção de vazões ecológicas no gerenciamento hídrico da região pode ser uma solução para que um cenário de desaparecimento dos afloramentos não se concretize. Benetti (2003) reforça essa hipótese ao afirmar em seu estudo que a manutenção de vazões ecológicas é uma das maneiras capazes de garantir a continuidade das funções da água e de sustentar o ecossistema aquático.

2.3. A ADOÇÃO DE VAZÕES ECOLÓGICAS EM FONTES NO CARIRI INSERIDA EM POLÍTICAS PÚBLICAS

A legislação que regulamenta a água no Brasil é a Política Nacional de Recursos Hídricos (PNRH), criada em janeiro de 1997, que versa sobre a gestão da água. Dentre os seus objetivos, a PNRH se propõe a assegurar a disponibilidade de água em qualidade e quantidade para a atual e futuras gerações, promovendo o uso racional e integrado dos recursos hídricos, visando o desenvolvimento sustentável (BRASIL, 1997).

A PNMA institui seis instrumentos para a efetivação de uma gestão dos recursos hídricos adequada, entre os quais estão a outorga dos direitos de uso da água, a cobrança pelo uso e os Planos de Recursos Hídricos. Os dois primeiros instrumentos têm os respectivos objetivos de assegurar o controle quantitativo e qualitativo dos usos da água e evidenciar o valor econômico que ela possui, incentivando o uso racional deste recurso. Os Planos de Recursos Hídricos visam fundamentar e orientar a implementação da PNMA e o gerenciamento dos recursos hídricos, sendo planos de longo prazo que diagnostiquem a situação dos recursos hídricos na sua bacia hidrográfica de atuação, além de propor a criação de áreas com restrição de uso da água e a indicação de metas de racionalização e entre outros conteúdos obrigatórios (BRASIL, 1997).

A legislação que discorre sobre o controle e conservação das águas Estado do Ceará precedeu a criação da PNRH, tendo o Estado instituído a sua primeira Política Estadual de Recursos Hídricos (PERH) no ano de 1992, cuja atualização ocorreu em 2010 com a instituição de uma nova PERH. Seus objetivos são: a compatibilização da ação humana com a dinâmica do ciclo hidrológico, para assegurar condições para o desenvolvimento social e econômico em equilíbrio com o meio ambiente; a garantia da oferta hídrica para as atuais e as futuras gerações, enfatizando que a água é um recurso natural essencial à vida e ao desenvolvimento sustentável; e o planejamento e gerenciamento da oferta hídrica, dos usos múltiplos, o controle e a conservação, bem como a proteção e a preservação, de forma integrada e participativa (CEARÁ, 2010).

Por meio do Artigo 35 do Decreto Estadual N° 23.067/94, o Estado do Ceará estabeleceu vazões máximas outorgáveis em corpos hídricos superficiais, sendo estabelecida que essa vazão deve ser equivalente a 9/10 da vazão regularizada, devendo estar associada a uma garantia de 90% (Q90) (CEARÁ, 1994). Esse Decreto foi atualizado em 2020 por meio do Decreto N° 33.559 que, assim como o Decreto N° 23.067, versa sobre outorga preventiva de direito de uso dos recursos hídricos, mas não aborda as



vazões máximas outorgáveis em seu texto (CEARÁ, 2020). O artigo supracitado, mesmo que se referindo a uma vazão máxima outorgável em corpos hídricos, não inclui os afloramentos de águas subterrâneas, os quais ficam sujeitos a uma exploração intensiva devido à ausência de uma regulamentação.

Uma outra lei nacional que merece atenção é a de número 12.651, conhecida como Novo Código Florestal, a qual versa sobre a proteção da vegetação nativa. Em seu artigo 4º, a lei regulamenta a Área de Proteção Permanente em zonas rurais e urbanas, onde, no inciso IV é estabelecido o raio mínimo de preservação em torno de nascentes e olhos d'água perenes, sendo esse raio de no mínimo de 50 metros (BRASIL, 2012).

Apesar da existência dessas leis e da preocupação quanto à preservação dos recursos hídricos nelas, ainda há uma carência de regulamentações que se debruce no estabelecimento de vazões mínimas de referência em afloramentos de águas subterrâneas. Em virtude do exposto, nota-se a importância do desenvolvimento de metodologias de determinação de vazões ecológicas em fontes hídricas, de maneira a contribuir com a sociedade na criação de leis e/ou resoluções a serem adotadas pelos entes federativos, buscando garantir um desenvolvimento sustentável que assegure o consumo hídrico racional, a manutenção dos afloramentos, e a dinâmica natural destes com o ambiente e com os ecossistemas.

3. CONSIDERAÇÕES FINAIS

A adoção de vazões ecológicas em nascentes e a aplicação de políticas públicas efetivas são essenciais para garantir a sustentabilidade dos recursos hídricos no Cariri e em outras regiões. É fundamental que as legislações e os planos de gestão dos recursos hídricos considerem as vazões ecológicas em fontes como parte integrante do planejamento, buscando equilibrar as demandas humanas com as necessidades dos ecossistemas, de forma a garantir um balanço hídrico harmonioso. Conclui-se, portanto, que há uma profunda necessidade na criação de leis que instituem as vazões mínimas de referência em afloramentos, para preservar e dar perpetuidade a esses recursos, garantindo sua dinâmica com a natureza.

Dessa forma, será possível garantir o desenvolvimento regional sustentável, preservando a disponibilidade de água para as gerações atuais e futuras, contribuindo para alcançar o Objetivo 6 do Desenvolvimento Sustentável estabelecido pela ONU.



REFERÊNCIAS

- AGUIAR, Robério Bôto de et al. Projeto Rede Integrada de Monitoramento das Águas Subterrâneas: relatório diagnóstico aquífero Missão Velha bacia sedimentar do Araripe. Belo Horizonte: CPRM, 2012. E-book. Disponível em: [aquifero_missao_velha \(1\).pdf](#). Acesso em: 15 mai. 2023.
- ALBUQUERQUE, Amanda Menezes et al. Balanço hídrico como ferramenta de gerenciamento de recursos hídricos: aplicação na área de influência direta do açude Castanhão-CE. **Revista da Casa da Geografia de Sobral (RCGS)**, Sobral – CE, v. 21, n. 2, p. 454-466, nov. 2019.
- ALMEIDA, Alana Hellen Batista; ALMEIDA, Heithor Syro Anacleto; OLIVEIRA, Mychelle Karla Teixeira. Perspectivas da gestão hídrica no semiárido brasileiro para a irrigação. **Disciplinarum Scientia | Naturais e Tecnológicas**, Santa Maria - RS, v. 22, n. 2, p. 119-132, 2021.
- BENETTI, Antônio Domingues; LANNA, Antônio Eduardo Leão; COBALCHINI, Maria Salete. Metodologias para determinação de vazões ecológicas em rios. **Revista Brasileira de Recursos Hídricos (RBRH)**. Porto Alegre, RS: ABRH. v. 8, n. 2, p. 149-160, abr./jun. 2003.
- BOFF, Leonardo. **Sustentabilidade: o que é, o que não é**. Petrópolis, RJ: Vozes, 2012.
- BRASIL. Política Nacional de Recursos Hídricos, Lei 9.433. Diário Oficial da República Federativa do Brasil, Brasília, DF, 8 jan. 1997. Disponível em: [<L9433 \(planalto.gov.br\)>](#). Acesso em: 15 mai. 2023.
- BRASIL. Política Nacional de Educação Ambiental, Lei 9.795. Diário Oficial da República Federativa do Brasil, Brasília, DF, 27 abr. 1999. Disponível em: [<L9795 \(planalto.gov.br\)>](#). Acesso em: 12 mai. 2023.
- BRASIL. Política Nacional de Recursos Hídricos, Lei 12.651. Diário Oficial da República Federativa do Brasil, Brasília, DF, 25 mai. 2012. Disponível em: [<L12651 \(planalto.gov.br\)>](#). Acesso em: 15 mai. 2023.
- CAVALCANTI, Daniele Belmont de Farias; LEITE, Breno Ricardo de Araújo; FARIAS, Gabriela Belmont. Contribuição metodológica dos estudos métricos da informação para a análise da interdisciplinaridade nas Ciências Ambientais. **Brazilian Journal of Information Science: Research Trends**, v. 13, n. 4, p. 89-112, 2019.
- CEARÁ. Política Estadual de Recursos Hídricos, Lei 11.336. Diário Oficial do Estado do Ceará, Fortaleza, CE, 29 set. 1992. Disponível em: [<https://belt.al.ce.gov.br/index.php/legislacao-do-ceara/organizacao-tematica/desenv-regional-recursos-hidricos-minas-e-](#)



pesca/item/download/1137_8ac5f09ff57fc0c51c1e96499d743b72>. Acesso em: 15 mai. 2023.

CEARÁ. Decreto Nº 23.067. Diário Oficial do Estado do Ceará, Fortaleza, CE, 11 fev. 1994. Disponível em: <Decreto-Nº-23.067-de-11-de-Fevereiro-de-1994.pdf (srh.ce.gov.br)>. Acesso em: 15 mai. 2023.

CEARÁ. Política Estadual de Recursos Hídricos, Lei 14.844. Diário Oficial do Estado do Ceará, Fortaleza, CE, 28 dez. 2010. Disponível em: <LEI Nº 14.844,DE 28.12.10 (DO 30.12.10) (al.ce.gov.br)>. Acesso em: 15 mai. 2023.

CEARÁ. Decreto Nº 33.559. Diário Oficial do Estado do Ceará, Fortaleza, CE, 29 abr. 2020. Disponível em: <DECRETO-Nº-33.559-DE-29-DE-ABRIL-DE-2020-REGULAMENTA-OS-ARTIGOS-6º-A-13-DA-LEI-ESTADUAL-14.844-REFERENTES-À-OUTORGA-PREVENTIVA-DE-DIREITO-DE-USO-E-DE-EXECUÇÃO-DE-OBRAS.pdf (srh.ce.gov.br)>. Acesso em 25 mai. 2023.

COMISSÃO MUNDIAL SOBRE MEIO AMBIENTE E DESENVOLVIMENTO. Nosso Futuro Comum. 2 ed. Rio de Janeiro: Editora da Fundação Getúlio Vargas, 1991. Disponível em: Nosso Futuro Comum.pdf (usp.br). Acesso em 15 mai. 2023.

COGERH. Gerência de Monitoramento Qualitativo e Quantitativo. Companhia de Gestão de Recursos Hídricos, Crato, CE: 2023.

COSTA, Celme Torres F. et al. Análise multivariada aplicada ao estudo hidroquímico das águas subterrânea na bacia sedimentar do Araripe—CE. **Águas Subterrâneas**, São Paulo - SP, v. 34, n. 2, abr. 2020.

FIGUEREDO, Rosamaria Rosan Dias et al. Expansão urbana e degradação de nascentes: identificando padrões espaço-temporais de um processo crônico em Cuiabá, MT. **Nativa**, Sinop - MT, v. 7, n. 4, p. 396-406, jul. 2019.

GOMES, Carisia Carvalho; COSTA, Celme Torres; MESQUITA, Francisco José Felix. Atuação da Cogerh na Gestão das Fontes Naturais de Água na Chapada do Araripe-Região Do Cariri-CE. In: XVII Simpósio Brasileiro de Recursos Hídricos, 8., 2007, São Paulo. **Anais**. São Paulo: ABRH, 2007.

GOMES, Antonio Yam; DE WILLEGIGNON, Hans Ronieli Cardoso Ferreira. Efeitos da seca na Região Nordeste do Brasil. **Brazilian Journal of Development**, v. 7, n. 8, p. 80608-80618, ago. 2021.

GUERRA, Maria Daniely Freire; DE SOUZA, Marcos José Nogueira; DA SILVA, Edson Vicente. Veredas da Chapada do Araripe: subespaços de exceção no semiárido do estado do Ceará, Brasil. **Ateliê Geográfico**, Goiânia - GO, v. 14, n. 2, p. 51-66, ago. 2020.



- HAYASHI, Carmino; SARDINHA; Diego de Souza; PAMPLIN, Paulo Augusto Zaitune. **Ciências Ambientais: Recursos Hídricos**. Alfenas - MG; 2020.
- LUCENA, Daisy Beserra; GOMES FILHO, Manoel F.; SERVAIN, Jacques. Avaliação do impacto de eventos climáticos extremos nos Oceanos Pacífico e Atlântico sobre a estação chuvosa no nordeste do Brasil. **Revista Brasileira de Meteorologia**, Rio de Janeiro - RJ, v. 26, p. 297-312, 2011.
- MACÊDO, Joalana Araújo et al. Análise Hidroclimatológica e Identificação dos Impactos Ambientais: Propostas para a Gestão dos Recursos Hídricos De Quixeramobim–Ce. **Revista da Casa da Geografia de Sobral (RCGS)**, Sobral - CE, v. 21, n. 2, p. 581-599, set. 2019.
- MACHADO, Carlos José Freire et al. Hidrogeoquímica como indicador de interconexão entre aquíferos na Chapada do Araripe utilizando o aplicativo PHREEQC. **Águas Subterrâneas**, São Paulo - SP, v. 18, n. 1, dez. 2004.
- MONT'ALVERNE, A.A.F. et al. (org.). Projeto avaliação hidrogeologica da bacia sedimentar do Araripe. **Ministério das Minas e Energia**. Departamento nacional de Estudos dos Distritos Mineiros – Fase I. Recife, 1996.
- ONU - Organização das Nações Unidas. Objetivos de Desenvolvimento Sustentável da ONU. Nova York, 2015a. Disponível em: <https://sustainabledevelopment.un.org/sdgs>. Acesso em 14 mai. 2023.
- ONU - Organização das Nações Unidas. Objetivo de Desenvolvimento Sustentável: Água Potável e Saneamento. Nova York, 2015b. Disponível em: Sustainable Development Goal 6: Água potável e saneamento | As Nações Unidas no Brasil. Acesso em 14 mai. 2023.
- UNICEF - Fundo das Nações Unidas para a Infância. Objetivos de Desenvolvimento Sustentável. Nova York, 2015. Disponível em: Objetivos de Desenvolvimento do Milênio (unicef.org). Acesso em 14 mai. 2023.
- OTOCH, Beatriz C. Canamary et al. Gestão de Recursos Hídricos em Regiões Semiáridas ea Dependência da Trajetória Institucional: Nordeste Brasileiro e Austrália. **Revista Recursos Hídricos**, v. 40, n. 1, p. 43-51, mar. 2019.
- ROSA, Geneio Mario et al. Ações antrópicas e o advento das Ciências Ambientais. **Revista Brasileira de Educação Ambiental (RevBEA)**, v. 17, n. 1, p. 180-197, 2022.
- SILVA, Milena Medrado et al. Consequências das Intervenções Antrópicas na Nascente da Muritiba em Lençóis, Bahia. **Sitientibus**, Feira de Santana - BA, n. 61, abr. 2019.



SIMÃO, Gustavo; VIERO, Antonio Pedro; PEREIRA, Jader Lima. Proposta de um roteiro para identificação de nascentes e cursos d'água. **Holos Environment**, v. 23, n. 1, p. 1-18, mar. 2023.

VARGAS, Marcelo Coutinho. O gerenciamento integrado dos recursos hídricos como problema socioambiental. **Ambiente & sociedade**, v. 2, n. 5, p. 109-134, 1999.

VESTENA, Leandro Redin et al. Vazão ecológica e disponibilidade hídrica na bacia das Pedras, Guarapuava-PR. **Revista Ambiente & Água**, v. 7, p. 212-227, 2012.

EFEITO DA SALINIDADE SOBRE O CRESCIMENTO DO TOMATE CEREJA

EFFECT OF SALINITY ON CHERRY TOMATO GROWTH

DOI: 10.51859/ampla.mas3200-13

Isadora Êdua da Silva Lima ¹
Estelita Lima Cândido ²
Ana Célia Maia Meireles ³

¹ Mestranda em Desenvolvimento Regional Sustentável. Programa de Pós Graduação em Desenvolvimento Regional Sustentável - PRODER

² Doutora em Biotecnologia. Professora Adjunto da Universidade Federal do Cariri - UFCA

³ Doutora em Engenharia Civil. Professora Adjunto da Universidade Federal do Cariri – UFCA

RESUMO

O tomateiro cereja é uma das frutas mais consumidas no Brasil, sendo o mesmo considerado um dos componentes mais importantes na mesa dos brasileiros. Com isso, novas estratégias devem ser traçadas para o cultivo do mesmo em diversas regiões, principalmente no Nordeste. Para tanto, realizou-se uma revisão bibliográfica narrativa, incluindo artigos e livros dos anos de 2010 a 2023 que versam sobre a temática em questão. O artigo teve como intuito discorrer sobre as implicações da salinização no cultivo protegido, evidenciando se a mesma é viável. Ao final, foi observado que a salinização é viável para o cultivo do tomateiro em ambiente protegido, quando utilizado de forma controlada e em baixos níveis.

Palavras-chave: Hidroponia. Tomate cereja. Salinização.

ABSTRACT

The cherry tomato is one of the most consumed fruits in Brazil, being considered one of the most important components on the Brazilian table. With this, new strategies must be devised for its cultivation in several regions, mainly in the Northeast. For that, a narrative bibliographic review was carried out, including articles and books from the years 2010 to 2023 that deal with the theme in question. The aim of the article was to discuss the implications of salinization in protected cultivation, showing whether it is viable. In the end, it was observed that salinization is feasible for tomato cultivation in a protected environment, when used in a controlled manner and at low levels.

Keywords: Hydroponics. Cherry Tomato. Salinization.

1. INTRODUÇÃO

O tomateiro cereja é uma hortaliça que vem sendo bastante cultivada nos últimos anos. Segundo a classificação de Cronquist (1988) a mesma pertence à família chamada *Solanaceae*. Na literatura essa nomenclatura recebe algumas opiniões diferentes quanto à sua espécie, onde autores sugerem que seja classificado como *Lycopersicon esculentum* Mill ou *Lycopersicon pimpinellifolium* Mill (BARROS *et al.*, 2019).

Advindo da costa oeste da América do sul, sendo cultivada nesta região em temperaturas de 15 a 19 °C (BARROS *et al.*, 2019). Sua produção é comum em todos os continentes. No Brasil e em regiões tropicais, o mesmo tem sua produção em mais de uma vez ao ano, por sua característica adaptativa o mesmo é muito consumido ao redor do mundo e faz parte da alimentação, não apenas dos brasileiros, mas de outras etnias. Dentre suas características está a flexibilidade de seu caule, devido à sustentação dos frutos o mesmo não consegue se manter verticalizado (DOSSA *et al.*, 2017; MEDEIROS *et al.*, 2011).

Com o aumento na produção agrícola, a necessidade de se encontrar fontes alternativas de água foi ficando cada vez maior, principalmente para que pudesse haver cultivo em todas as estações do ano. Assim, estas plantas dependem totalmente desta água para que possam se desenvolver e dar frutos. Independente da fonte, essa água conta com uma composição rica em sais como: cátions cálcio (Ca²⁺) magnésio (Mg²⁺), sódio (Na²⁺), potássio (K⁺) e os ânions, cloreto (Cl⁻), carbonato (CO₃²⁻), bicarbonato (HCO₃⁻), sulfato (SO₄²⁻) e boro (SILVA *et al.*, 2021).

A salinidade é um fator importante quando se fala do cultivo e produção de olerícolas regionais, se tratando da região nordeste a mesma tem uma contribuição exponencial para o reconhecimento e magnitude da agricultura no Brasil. Apesar disso, é evidente que a salinidade pode ser um fator favorável e também desfavorável para a reprodução destas plantas, tornando-se a depender do nível, uma vilã para o desenvolvimento de algumas culturas (BARROS *et al.*, 2019; MEDEIROS *et al.*, 2011).

No solo, os efeitos da salinidade consistem em impedir a troca de nutrientes entre as plantas e sua fonte. Por este motivo, as mesmas tendem a não se desenvolverem corretamente ou até mesmo morrerem em alguns casos. Essa

repercussão está diretamente ligada ao metabolismo e fisiologia dos vegetais. As novas tecnologias de irrigação têm ajudado no desenvolvimento de territórios mais secos, mas apesar disso os níveis de salinidade ainda são uma preocupação devido a suas consequências quando não usados corretamente (SILVA *et al.*, 2021; LEITE *et al.*, 2018).

É de conhecimento que tem sido difícil manter a qualidade da irrigação das plantações, principalmente em regiões como o Nordeste, onde a escassez de água faz com que os produtores lancem mão de outros métodos. Dentre estes fatores, o uso de água salobra advinda dos poços cartesianos vem crescendo e o custo disso são plantações vulneráveis a teores salinos. Na literatura é possível encontrar algumas alternativas para essa questão, sendo uma delas o uso de água salobra com baixa condutividade elétrica; esse recurso torna possível a preservação do solo e a qualidade dos produtos nele cultivados (BARROS *et al.*, 2019).

Por meio disso, torna-se importante o surgimento de pesquisas que analisem o crescimento e o desenvolvimento destas plantas ao serem expostas a este tipo de irrigação, em diferentes níveis. Desta maneira, o presente estudo teve o intuito de reunir literatura sobre o cultivo do tomate cereja em diferentes níveis de salinidade. Para a produção do presente trabalho optou-se pelo método de revisão bibliográfica, sendo utilizados materiais dos anos de 2010 a 2023, com pesquisa nas bases de dados Scielo, Google Acadêmico e Portal Capes. Neste estudo, foram selecionados apenas artigos que atendiam aos critérios de inclusão de ano e idioma, sendo todos em português. Para aprimorar a busca o respectivo operador booleano *and* foi utilizado. Todos os artigos que não se assemelhavam ao tema ou subtema da pesquisa foram excluídos, sendo ao fim selecionados apenas os que correspondiam aos padrões estabelecidos.

2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

2.1. TOMATEIRO-CEREJA

O tomate é uma das frutas mais consumidas no Brasil, sendo para a culinária um dos componentes mais importantes na mesa dos brasileiros. Suas propriedades variam de fibras a vitaminas, assim como outros minerais importantes para a saúde do ser humano, apresentando características fitoquímicas e antioxidantes. Por este motivo, uma das principais preocupações para o cultivo desse alimento é a água na qual será feita a irrigação destas hortaliças (GUEDES *et al.*, 2015).



O mesmo pode ser encontrado em outras cores como verde e roxo e até mesmo em outros formatos, onde pode se apresentar em formas arredondadas, achatadas, minitomates e outros. Sua variação se dá para que os grupos de sua procura sejam mais bem atendidos, no caso a mesa e o agronegócio (SILVA *et al.*, 2021).

Isso não acontece de forma diferente com o tomate cereja, onde é possível observar diversas variações. Sua aceitação é cada dia maior, o que ajudou a compensar os valores de mercado. Muito utilizados para decoração de pratos, saladas e receitas culinárias, essa espécie tem se tornado mais conhecida e ofertada na alimentação dos brasileiros (SILVA *et al.*, 2021; PAIVA *et al.*, 2018).

Essas plantas no decorrer do ano são atacadas por diversos microrganismos, fungos, bactérias, e diversas “pragas”, no geral. Esse fator é observado desde o momento de seu cultivo até a colheita do mesmo, mas apesar disso, autores relatam que é possível ver que os vegetais têm desenvolvido defesas para as doenças advindas de bactérias, fungos, nematódeos e vírus, além de metabólitos secundários, como os alcaloides, ácidos graxos, isotiocianatos e compostos fenólicos. Estes também protegem as plantas de ataques de animais e patologias (BARROS *et al.*, 2019; FERREIRA *et al.*, 2020).

Quando se trata do desenvolvimento de uma hortaliça, dois fatores devem ser considerados: número e peso médio de frutos colhidos por planta. Esses dois fatores em conjunto determinam a qualidade da planta. Para o tomate cereja, é considerado uma composição entre crescimento vegetativo e reprodutivo, nos casos em que o vegetal apresenta cacho floral o tamanho é influenciado pela posição do fruto e do mesmo no caule. A primeira leva de frutos é que irá determinar como serão os próximos, podendo ter sua diminuição a partir do 5º cacho floral e voltando ao normal no 7º (ROCHA *et al.*, 2010).

Em termos de característica, o tomateiro é conhecido por duas formas de crescimento: determinado e indeterminado. Sendo o determinado cultivado para a produção em larga escala na agroindústria e são rasteiras, e a indeterminada é feita para o cultivo a mesa, chegando a 5m de altura (SILVA *et al.*, 2021).

Essas condições de cultivo variam de acordo com o clima e o solo, com a fase de germinação ocorrendo entre 5 e 7 dias, florescendo aos 45 dias após o plantio e atingindo a maturidade após os 60. A colheita pode variar, podendo ocorrer em



qualquer tempo e perdurando por vários meses nos cultivares indeterminado, nas determinadas geralmente são realizadas uma ou duas colheitas, já que as mesmas amadurecem ao mesmo tempo (SILVA *et al.*, 2021; FERREIRA *et al.*, 2020).

2.2. CULTIVO PROTEGIDO

O clima é um fator predominante para o cultivo e desenvolvimento dos vegetais. Com as chuvas há um aumento de sua produção, apesar de ser mais comum o aparecimento de doenças. O cultivo protegido é uma grande vantagem quando se tem instabilidade climática. Trata-se de uma estrutura onde as plantas serão protegidas da influência das chuvas, calor e demais variações climáticas. Neste sistema, há passagem da luz e demais condições necessárias para o cultivo e fotossíntese destas plantas. Um exemplo disso seriam tuneis altos ou baixos, uma estufa ou até mesmo uma casa, onde seja possível fazer esse controle (AZEVEDO *et al.*, 2018).

Figura 1 - Tipos de Proteção em Cultivo Protegido



Fonte: Estufas Tropical (2022).

Um exemplo de cultivo protegido é o método de hidroponia, um meio vem crescendo por ser viável em várias realidades, quando comparado ao cultivo tradicional em solo. Este plantio tem sido mais utilizado em cultivo de olerícolas folhosas e

hortaliças. Utilizado como técnica de cultivo protegido, o mesmo apresenta diversas vantagens como o aumento da produtividade, menor tempo de colheita, controle dos nutrientes fornecidos e também diminuição da utilização de agrotóxicos e controle da exposição ao clima (GONÇALVES *et al.*, 2018). Mesmo em condições climáticas ideais, agricultores que optam por este sistema não abrem mão do mesmo, visto que, é mais fácil controlar as variáveis e obter bons resultados (AZEVEDO *et al.*, 2018).

Esse ambiente estimula e propicia a produção destas plantas e vegetais como o tomate, melhorando sua qualidade. O mesmo também possibilita a produção em qualquer época do ano, além da diminuição da necessidade de irrigação, devido ao maior aproveitamento da água que tem, ademais, há também um melhor uso da luz solar, nutrientes e fertilizante, devido ao controle preciso de todos eles (AZEVEDO *et al.*, 2018).

Para realizar um cultivo correto em ambiente protegido, é necessário um nível de conhecimento elevado sobre as espécies que serão cultivadas neste ambiente, além de suas necessidades específicas e de nutrição. A luminosidade é um dos fatores determinantes. Em algumas regiões é evidenciado uma diminuição na radiação dentro do cultivo protegido (GUEDES *et al.*, 2015; AZEVEDO *et al.*, 2018).

Para plantas mais sensíveis à luminosidade, o uso de malhas sintéticas e sombreamento pode ser uma boa alternativa. Já a temperatura tem influência em funções como germinação, crescimento, fotossíntese e frutificação. Nos locais de temperatura mais baixa, o ambiente tem dever de manter a temperatura estável, aquecendo a quantidade necessária (ROCHA *et al.*, 2010; GUEDES *et al.*, 2015; AZEVEDO *et al.*, 2018).

2.3. EFEITO DA SALINIDADE EM PLANTAS DE TOMATE CEREJA

A água salina é um recurso muito utilizado em locais onde o acesso à água é escasso, tornando viável a irrigação e perpetuação de espécies em meio a regiões semiáridas e áridas. Com auxílio do cultivo protegido, essas plantas, entre elas o tomate cereja, podem se desenvolver em locais variados e em todas as épocas do ano (GOMES *et al.*, 2011; VIOL *et al.*, 2017). Seu cultivo e produção são possíveis em mais de uma vez ao ano, não sendo possível isso acontecer, caso o ambiente não pudesse controlar as variáveis necessárias para o desenvolvimento dessa olerícola tão sensível. Apesar disso,



a água salina causa alguns fatores que cabe uma observação mais rigorosa quando feita a escolha de seu uso em larga escala, principalmente em águas com nível de sais mais altos (VIOL *et al.*, 2017).

A recente realidade brasileira vem se tornando gradualmente comum a escassez de recursos hídricos, principalmente em regiões mais secas. Esses agricultores acabam precisando de criatividade para novos métodos de irrigação. Como exemplo disso, a utilização de água salobra, esgoto e sistema de drenagem urbana e rural. A utilização de fontes subterrâneas mostra-se uma boa alternativa contrária para a irrigação nestes locais, com a escavação de poços e o acesso a fontes hídricas (GOMES *et al.*, 2011).

Em regiões semiáridas uma das alternativas mais comuns tem sido o uso da salinização na água, apesar disso, existe dificuldade em relação à absorção de água e interferência nos processos fisiológicos. Em relação às consequências do uso, seriam a perda da fertilidade no solo e a pré-disposição a erosão, sendo necessário que haja conhecimento das implicações ao escolher este tipo de irrigação, tendo em vista, seu impacto sob o solo e as plantas cultivadas (GHEYI *et al.*, 2010; PAIVA *et al.*, 2018).

Por causa da absorção dos sais, essas plantas podem apresentar sinais de adoecimento causando implicações em estruturas como a folhagem, de onde a planta se desfaz da maioria da água carregada. Esse fator vai depender da quantidade de sais adicionados no solo e na água, podendo aparecer em altos e baixos níveis. Esses efeitos são causados principalmente pela presença de íons sódio, cloreto e bário sendo os maiores problemas relacionados ao bário e ocorrendo com maior frequência e sintomas como pigmentos amarelos e secura (GHEYI *et al.*, 2010).

Existem duas formas de resposta das plantas ao serem expostas à salinidade. A fase osmótica, que ocorre rapidamente ao entrar em contato com a superfície impedindo que haja um crescimento aéreo da planta e gerando um déficit hídrico. Quando o território plantado é salino, esses sais retêm a água e diminuem a absorção dessa água pelas plantas. E a fase iônica quando os sais causam toxicidade e atrapalham seu desenvolvimento (SILVA *et al.*, 2021; PAIVA *et al.*, 2018).

Com o aumento mundial e brasileiro do cultivo de hortaliças, a água utilizada para sua irrigação vem se tornando mais limitada. Em locais como o Nordeste onde há maior escassez, a saída que os pequenos agricultores encontram é utilizar as águas dos poços e fontes hídricas, apesar disso, essa água geralmente é composta por uma grande



quantidade de sais, o que dificulta a produção destes vegetais e prejudica sua qualidade. Um dos fatores mais comuns da utilização da salinização em altos níveis, é o estresse osmótico nas plantas, além de alterações fisiológicas, bioquímicas e estruturais (BARROS *et al.*, 2019).

Muitos são os efeitos dos sais quando em contato com as plantas, seu uso em quantidades desreguladas gera dificuldades de absorção de nutrientes e da própria água. Ao saber disso, é necessário que o agricultor pense em maneiras de contornar esta situação, obtendo conhecimento sobre os tipos de cultivo e qual o mais indicado para cada situação (ARAÚJO *et al.*, 2017).

É importante destacar que os requisitos para o uso desta água são definidos em 3 critérios, sua salinidade, sodicidade e toxicidade. A salinidade vai avaliar os níveis de volume de sais na água e o possível efeito osmótico, já a sodicidade avalia o risco da quantidade de Sódio Trocável (PST) e o impacto no solo (SILVA *et al.*, 2021; LEITE *et al.*, 2018).

Quando há um descontrole no volume de sais na água, os impactos no solo são negativos, deixando o mesmo impróprio para o cultivo e extinguindo a produção naquela área afetada. Este fato já acontece em algumas regiões como o Nordeste, onde 35% do território teve redução na produção por causa da irrigação inadequada (SILVA *et al.*, 2021).

Estudos evidenciam que o tomateiro é sensível à salinidade, em especial no início de seu desenvolvimento. Numa pesquisa realizada em ambiente protegido, utilizando água advinda da região, mais especificamente do Rio São Francisco, com irrigação na folhagem realizada duas vezes por dia, notou-se um decréscimo em sua quantidade ao ser exposto a maiores níveis de condutividade elétrica (ARAÚJO *et al.*, 2017).

Ao final do estudo chegou-se à conclusão de que os níveis de salinidade na água influenciavam a redução de características determinantes das plantas de tomate cereja, entre elas: volume da folhagem, altura, comprimento da raiz, teor de água na raiz e outros (ARAÚJO *et al.*, 2017).

Para sua própria nutrição, as plantas fazem sucção da água vinda do solo para as raízes e demais estruturas. Por causa do sal, esse efeito é intensificado por um fenômeno chamado efeito osmótico e, ao atingir níveis elevados, prejudicam as plantas na sucção, impedindo a hidratação, mesmo com abundância de água. Com o aumento



desses níveis a planta pode perder cada vez mais água, levando à plasmólise (GHEYI *et al.*, 2010).

O estresse salino é um dos fatores que mais dificultam o crescimento das plantas, podendo provocar a redução de nutrição, instabilidade da membrana, concentração de CO₂ nas folhas e alocação de carbono (SILVA *et al.*, 2021; PAIVA *et al.*, 2018). No tomateiro, esses fatores podem ser agravantes para o crescimento dos frutos e sua quantidade tanto em volume quanto por cacho. Essas mudanças podem variar de acordo com a espécie. Estudos revelam que o aumento da salinidade em unidade acima de 1 dS m⁻¹ provocou o aumento no volume de sólidos solúveis e acidez de 13,9 e 9,4% (SILVA *et al.*, 2021).

Barros *et al.*, (2019) relata que, com o estresse osmótico, quando expostas a níveis elevados de sais, as plantas apresentam uma diminuição dos nutrientes. Assim, esse aumento poderá, posteriormente, dificultar a sucção devido à grande pressão osmótica, impedindo a planta de absorver os nutrientes indispensáveis à sua sobrevivência. Este processo é denominado seca fisiológica (BARROS *et al.*, 2019; LEITE *et al.*, 2018).

No Barros *et al.*, (2019) no município de Picuí, foi possível observar que, ao expor as plantas a diferentes níveis de salinidade, as mesmas foram afetadas significativamente em relação ao seu crescimento vertical, e sofreram redução de 0,0029 cm por aumento unitário de condutividade elétrica da água de irrigação. Sendo assim, é possível ver que ao serem expostas a um nível mais baixo de salinidade, há um maior crescimento das plantas. Entretanto, um dos efeitos do estresse salino identificados foi a redução da taxa de fotossíntese e número de enzimas, afetando assim a síntese de proteínas, diminuindo os níveis de carboidratos e hormônios de crescimento (BARROS *et al.*, 2019).

Neste mesmo estudo, ao serem expostas a um nível de maior salinidade as plantas apresentaram menores níveis de fitomassa seca foliar com valores estimados em 0,79 g planta⁻¹. Estes valores estimados são de 79,2% quando comparados a plantas com menores níveis de salinidade (BARROS *et al.*, 2019).

A qualidade da água empregada para irrigação dos cultivares é uma preocupação para o agricultor, principalmente devido ao fato de plantações em ambiente protegido não haver exposição dessas plantas à água da chuva. Por esse motivo, não há uma



lavagem dos sais aderidos a estas hortaliças. Uma característica da mesma é a facilidade de salinização. Em estudos recentes foi possível observar que houve uma resistência maior aos sais em suas variações, divergindo de resultados comumente apresentados na literatura (GUEDES *et al.*, 2015; LEITE *et al.*, 2018).

Estes estudos relataram que os níveis de salinidade variaram entre 0,5 e 3,5 dS m⁻¹, sendo o comum de 2,5 dS m⁻¹, com um decréscimo de 9,0% por aumento unitário da CEEs. Estes resultados mostram que a depender dos métodos utilizados é possível a variação destes números e que, o método de água salina pode ser uma alternativa satisfatória se bem utilizado, seja em salinidades diferentes ao misturar ou alternando-as (GUEDES *et al.*, 2015).

Em um experimento realizado no ano de 2013, entre os meses de julho e outubro, utilizaram níveis de salinidade na água de dois tipos (S1 -0,5 e S2 -3,5 dS m⁻¹) com ou sem divisão do sistema radicular (GUEDES *et al.*, 2015). Foram usadas diferentes estratégias para irrigação e constatou-se que houve influência deste modelo, foi possível observar também que ao serem expostas a maiores níveis de salinização as seguintes amostras sofreram alteração em sua folhagem, havendo diminuição das mesmas e levando a crer que as folhas são mais propícias a salinização apresentando redução de tamanho e maior presença de sai. Após a coleta dos dados, verificou-se que grande parte das amostras estavam acima da salinidade delimitada na cultura do tomateiro (GUEDES *et al.*, 2015).

Observou-se também uma diminuição da ALT (altura das plantas) quando comparadas ao uso de água com níveis mais baixos de salinidade com diminuição de 25,2%. Ao final do estudo concluiu-se que a variação de salinização com divisão ou não do sistema radicular, pode ser uma alternativa viável caso o produtor tenha uma fonte a mais de água (GUEDES *et al.*, 2015).

Sobre a influência da salinidade no tomateiro cereja, alguns autores puderam observar que o estresse salino foi responsável por inibir diversos processos das plantas, como a germinação, quantidade e crescimento das folhas e raízes. Esse comprometimento, ficou mais evidente do que em métodos com efluentes orgânicos (BARROS *et al.*, 2019).

No ano de 2018 a FAO teve um cultivo de tomate cereja em 175 países sendo o maior produtor deles a China, com sua área de cultivo de cerca de mais de um milhão



de hectares com uma produção anual de 56 milhões de toneladas. No Brasil, neste mesmo ano, houve uma produção de 4.167.629 toneladas em uma área de 63.980 hectares, com um dado de 65, 14 toneladas por hectare (SILVA *et al.*, 2021).

Tabela 1 - Area de Cultivo e produção de tomate

PAÍS	AREA	PRODUTO (TOn./HA.,)	PRODUÇÃO (TOn.)
China	1.003.992	56,20	56.423.811
Índia	760.000	24,21	18.399.000
USA	144.410	90,29	13.038.410
Turquia	188.270	66,93	12.600.000
Egito	199.712	39,77	7.943.285
Itália	103.940	61,94	6.437.572
Irã	159.123	40,05	6.372.633
Espanha	54.203	86,19	4.671.807
Brasil	63.980	65,14	4.167.629
Demais Países	2.109.804	22,33	47.103.114
Total	4.787.434	37,00	177.157.261

Fonte: (FAOSTAT, 2018)

Os dados indicam que, dentre estes países, o Brasil ocupa um ranking na 9ª posição em nível mundial na sua produção, correspondendo a 2,5%. Outros países como China, Índia e EUA ficam nas primeiras colocações, e suas produções correspondem a 31%, 11% e 8% respectivamente (SILVA *et al.*, 2021).

No Brasil, os estados que mais se destacam na produção dessa fruta são São Paulo, Minas Gerais, Goiás, Bahia, Paraná e Santa Catarina. No ano de 2016 o país segundo o IBGE, teve um valor de 64 mil em áreas de plantio. Os estados da Bahia, Ceará, Pernambuco e Alagoas tiveram, respectivamente, produções de 286.936 toneladas, 120.397 toneladas, 64.330 toneladas e 6641 toneladas (SILVA *et al.*, 2021).

No Brasil, no ano de 2016, foram cultivadas 78.681.081 toneladas de tomate e nesta mesma safra foram produzidas 10.667.439 toneladas no estado do Paraná (GONÇALVES *et al.*, 2018).

3. CONSIDERAÇÕES FINAIS

Com base nos artigos que foram explorados neste trabalho constata-se em sua maioria, que o cultivo do tomateiro cereja em ambiente protegido, com diferentes níveis de salinidade, pode ser uma opção viável (ARAÚJO *et al.*, 2017). Quando bem controlado e feito por profissionais que entendem a singularidade desta planta, monitoram os níveis de sais no solo, é possível obter um cultivo de sucesso. A reutilização e utilização de água salobra advinda tanto de poços quanto de fontes em regiões mais secas, representa uma alternativa satisfatória para o plantio desta hortaliça, tanto para os agricultores quanto para o meio ambiente (AZEVEDO *et al.*, 2018; ALMEIDA *et al.*, 2010).

Por fim, foi possível concluir que o tomateiro cereja é uma planta que pode responder de várias formas quando exposta à salinidade, entretanto, foi possível observar melhores resultados em sua produção quando exposta a níveis mais baixos.

Com isso, a irrigação com água salina torna-se uma alternativa viável e sustentável para regiões áridas e semiáridas, e quando associada ao cultivo protegido pode gerar diversas respostas positivas à economia e ao agronegócio.

REFERÊNCIAS

- ALMEIDA, O. Á. Qualidade da água de irrigação. 1. ed. Cruz das Almas – BA: **Embrapa**, 2010. 234 p.
- ARAUJO, T.C.; LIMA, C.C.; ROCHA, M.S.; LIMA, D.V.; SANTOS, P.M.R.; CARNEIRO, P.T. Crescimento e desenvolvimento inicial de cultivares de tomateiro submetidas a níveis crescente de salinidade da água de irrigação. **IV INOVAGRI International Meeting**, 2017.
- AZEVEDO, L.C.; OLIVEIRA, A.C.; MARTINS, I.C.S.; SILVA, V.S.; RIBEIRO, C.S. Salinidade do solo em ambiente protegido. **Revista Campo Digital**, v. 13, n. 1, p.52-69, jul./dez., 2018.
- BARROS, L.M.S.G.; FREIRE, J.L.O.; SILVA, A.A.D. Comportamento vegetativo do tomateiro-cereja (*Lycopersicon pimpinellifolium*) irrigado com águas salinas. **Revista Principia**. N 44, João Pessoa, 2019.
- DOSSA, D.; FUCHS, F. Tomate: análise técnico-econômica e os principais indicadores da produção nos mercados mundial, brasileiro e paranaense. **Boletim Técnico 03. TOMATE**: Agosto de 2017. Curitiba: Ceasa Paraná, 2017.



- FERREIRA, M. M. A.; BARBOSA, K. M. S.; MEDEIROS, R. G.; SILVA, G. S.; VIERA, V.B. Análise físico-química comparativa de tomates de cultivo orgânico e convencional provenientes de feira livre na cidade de Cuité–PB. **Brazilian Journal of Development**, v. 6.n. 6, p. 33275 33282, 2020.
- GHEYI, H.R.; DIAS, N.S.; LACERDA, C.F. Manejo de salinidade na agricultura: Estudos básicos e aplicados. Fortaleza: **INCTSal**, 2010.
- GONÇALVES, D.C.; FERNANDES, C.H.S.; TEJO, D.P.; VIDAL, T.C.M. Cultivo do tomate cereja sob sistema hidropônico: influência do turno de rega. **Uniciências**, v. 22, n. 1, p. 20-23, 2018.
- GUEDES, R.A.A.; OLIVEIRA, F.A.; ALVES, R.C.; MEDEIROS, A.S.; GOMES, L.P.; COSTA, L.P. Estratégias de irrigação com água salina no tomateiro cereja em ambiente protegido. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**. v.19, n.10, p.913–919, 2015.
- GOMES, J.W.S.; DIAS, N.S.; OLIVEIRA, A.M.; BLANCO, F.F.; NETO, O.N.S. Crescimento e produção de tomate cereja em sistema hidropônico com rejeito de dessalinização. **Revista Ciência Agrônômica**, v. 42, n. 4, p. 850-856, out-dez, 2011.
- LEITE, J. V. Q. Crescimento, fisiologia e produção de tomateiro cereja sob estresse salino e formas de fertilização. 2018. Dissertação (Mestrado em engenharia agrícola – Irrigação e Drenagem) **Universidade Federal de Campina Grande**, UFCG, Campina Grande, PB, 2018.
- MEDEIROS, R. F.; CAVALCANTE, L. F.; MESQUITA, F. O.; RODRIGUES, R. M.; SOUSA, G. S.; DINIZ, A. A. Crescimento inicial do tomateiro cereja sob irrigação com águas salinas em solo com biofertilizantes bovino. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v. 15, n. 5, p. 505 511, 2011.
- PAIVA, F. I. G.; OLIVEIRA, F. A.; MEDEIROS, J. F.; TARGINO, A. J. O.; SANTOS, S. T.; SILVA, R. C. P. Qualidade de tomate em função da salinidade da água de irrigação e relações K/Ca via fertirrigação. **Irriga**, v. 23, n. 1, p. 168 193, 2018.
- ROCHA, M.Q.; PEIL, R.M.N.; COGO, C.M. Rendimento do tomate cereja em função do cacho floral e da concentração de nutrientes em hidroponia. **Horticultura Brasileira**, v. 28, n. 4, out.- dez. 2010.
- SILVA, V.M. Cultivo do tomateiro cv. cereja sob salinidade da água de irrigação e manejo do sistema radicular. **Universidade Federal de Alagoas**. Maceió, 2021.
- Tipos de cultivo protegido. **Estufas Tropical**, 2022. Disponível em: <https://tropicalestufas.com.br/cultivo-protegido/>



VIOL, M.A.; CARVALHO, J.A.; LIMA, E.M.C.; REZENDE, F.C.; GOMES, L.A.A. Efeito da salinidade no crescimento e produção do tomate cultivado em ambiente protegido. **Revista Brasileira de Agricultura Irrigada**. v.11, nº.8, p. 2120 - 2131, 2017.

INTERAÇÃO TURISMO E BIODIVERSIDADE: DESVENDANDO AS IMPLICAÇÕES POSITIVAS E NEGATIVAS DESSA RELAÇÃO

INTERACTION TOURISM AND BIODIVERSITY: UNRAVELING THE
POSITIVE AND NEGATIVE IMPLICATIONS OF THIS RELATIONSHIP

DOI: 10.51859/ampla.mas3200-14

Reinaldo Dias¹

¹ Ph.D in Social Sciences and Master in Political Science from UNICAM. Independent Scholar. Specialist in Environmental Sciences from University São Francisco. Orcid-0000-0002-8621-2658.

RESUMO

Este capítulo de revisão examina criticamente a complexa relação entre turismo e biodiversidade. O estudo aplica uma metodologia de revisão sistemática para analisar de forma abrangente a literatura disponível, a partir de bases de dados acadêmicas. A análise revela que o turismo, muitas vezes considerado um fator prejudicial à biodiversidade, também pode oferecer benefícios potenciais se administrado adequadamente. Embora o turismo não regulamentado possa levar à destruição de habitats, poluição e uso excessivo de recursos, os impactos positivos incluem contribuições para esforços de conservação, financiamento para preservação e maior conscientização global sobre a importância da biodiversidade. Exemplos, como a conservação das Ilhas Galápagos financiada por receitas geradas pelo turismo, e o fechamento da Baía Maya da Tailândia devido ao turismo excessivo, retratam a natureza dicotômica dessa relação. Esses resultados implicam que as práticas de turismo sustentável podem levar a uma maior conservação da biodiversidade e destacam a necessidade de uma formulação de políticas públicas que concilie o desenvolvimento do turismo e a preservação da biodiversidade.

Palavras-chave: Biodiversidade. Turismo. Ecoturismo. Políticas Públicas. Impactos

ABSTRACT

This review chapter critically examines the complex relationship between tourism and biodiversity. The study applies a systematic review methodology to comprehensively analyze the available literature from academic databases. The analysis reveals that tourism, often considered a detrimental factor to biodiversity, can also offer potential benefits if managed properly. While unregulated tourism can lead to habitat destruction, pollution, and overuse of resources, positive impacts include contributions to conservation efforts, funding for preservation, and increased global awareness of the importance of biodiversity. Examples, such as the conservation of the Galapagos Islands funded by revenues generated by tourism, and the closure of Thailand's Maya Bay due to overtourism, portray the dichotomous nature of this relationship. These results imply that sustainable tourism practices can lead to greater biodiversity conservation and highlight the need for a formulation of public policies that reconcile the development of tourism and the preservation of biodiversity.

Keywords: Biodiversity. Tourism. Ecotourism. Public Policies. Impacts.

1. INTRODUÇÃO

A biodiversidade é vital para o turismo, servindo como principal atração em ambientes costeiros, safáris de observação de animais, áreas montanhosas. Independentemente do tipo de turismo, a biodiversidade é essencial, fornecendo recursos naturais indispensáveis, como alimentos e água limpa. Além disso, contribui significativamente para a atratividade e a competitividade dos destinos, através dos serviços ecossistêmicos, como a qualidade da água e a vegetação natural. Desse modo, o turismo, uma grande indústria global com implicações econômicas significativas, interage extensivamente com o meio ambiente, levando a uma complexa relação com a biodiversidade, apresentando desafios ambientais substanciais (UNWTO,2010).

Entre esses desafios está estabelecer uma relação harmônica entre turismo e biodiversidade. A diversidade biológica, que é a variedade de vida em um determinado habitat ou ecossistema, é criticamente importante para manter a saúde e a resiliência dos mesmos, fornecer serviços ecossistêmicos e apoiar os meios de subsistência humanos (DÍAZ et al., 2019; CDB, 2020). Compreender a interação entre turismo e biodiversidade é, portanto, fundamental para garantir um futuro sustentável para ambos.

O turismo, em virtude de sua dependência de paisagens naturais atraentes e ecossistemas únicos, tem um interesse inerente na preservação da biodiversidade. No entanto, sem gestão e regulamentação adequadas, o turismo também pode representar ameaças significativas à biodiversidade por meio da destruição de habitats, poluição, superexploração de recursos e perturbação da vida selvagem (GÖSSLING & HALL., 2017).

No contexto da crise global da biodiversidade, é cada vez mais reconhecido que a relação entre turismo e biodiversidade precisa ser melhor compreendida e gerenciada para alcançar resultados sustentáveis. Isso levou a uma considerável atenção da pesquisa sobre esse tema, desde a exploração dos fundamentos teóricos da relação entre turismo e biodiversidade até o exame das evidências empíricas dos impactos do turismo na biodiversidade.

No entanto, à medida que o turismo continua a crescer e evoluir, particularmente à luz de desafios emergentes, como as mudanças climáticas, há uma necessidade contínua de revisar e atualizar a compreensão dessa relação. Este capítulo



procura abordar essa necessidade fornecendo uma revisão abrangente do estado atual do conhecimento sobre a relação entre turismo e biodiversidade.

Apesar da quantidade significativa de pesquisas realizadas sobre o tema, a relação entre turismo e biodiversidade permanece multifacetada e complexa (NEWSOME et al., 2012). A interação apresenta um paradoxo; embora o turismo possa potencialmente prejudicar a biodiversidade através da degradação de habitats e recursos naturais, também pode contribuir positivamente para os esforços de conservação (KRÜGER, 2005; GÖSSLING, 2003). Como tal, há necessidade de uma compreensão equilibrada desta relação, que pode contribuir para a formulação de políticas e práticas para o turismo sustentável e a conservação da biodiversidade.

Este capítulo tem como objetivo fornecer uma revisão abrangente da relação entre turismo e biodiversidade, examinando seus aspectos negativos e positivos. Para alcançar esses objetivos, adotou-se uma metodologia de revisão sistemática, envolvendo uma busca em bases de dados acadêmicas, incluindo ResearchGate, Academia.edu e ScienceDirect. A revisão foi conduzida seguindo as diretrizes PRISMA, garantindo um exame imparcial dos estudos existentes (MOHER et al., 2009).

Esta revisão abrangente pretende contribuir para o discurso em curso sobre turismo sustentável e conservação da biodiversidade. Dado o cenário em rápida mudança do turismo global e os desafios ambientais, esta revisão também procura destacar áreas para futuras intervenções de pesquisa e políticas públicas.

2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

2.1. FUNDAMENTOS TEÓRICOS DO TURISMO E DA BIODIVERSIDADE

Inúmeras teorias e conceitos foram desenvolvidos para entender e interpretar a relação entre turismo e biodiversidade, cada um fornecendo uma perspectiva diferente sobre como o turismo interage e afeta os ecossistemas naturais.

A teoria do ecoturismo é um dos referenciais teóricos proeminentes neste campo, sugerindo que um turismo bem gerido e responsável pode proporcionar benefícios diretos aos esforços de conservação. Argumenta que o turismo, quando controlado e gerido adequadamente, pode gerar fundos que apoiam a proteção e preservação dos habitats naturais, contribuindo assim para a conservação da



biodiversidade (DIMITRIOU, 2017). O ecoturismo promove a ideia de viagens sustentáveis que respeitam as comunidades locais e o meio ambiente, criando uma interação positiva entre os turistas e a biodiversidade.

Em contraste, o paradigma do turismo do Antropoceno reconhece os impactos negativos generalizados do turismo na biodiversidade. Enfatiza o papel das atividades humanas, incluindo o turismo, na época do Antropoceno – um período de significativo impacto humano nos ecossistemas da Terra (GÖSSLING & HALL, 2017). Essa perspectiva argumenta que as práticas tradicionais de turismo, dada sua escala e intensidade, são muitas vezes insustentáveis e contribuem para a perda de biodiversidade.

A teoria dos limites do crescimento fornece outra perspectiva, postulando que o crescimento descontrolado do turismo pode levar à degradação dos recursos ambientais, incluindo a biodiversidade (MEADOWS et al., 2004). Essa teoria enfatiza a natureza finita dos recursos naturais e alerta contra a superexploração de tais recursos devido ao turismo excessivo.

Por fim, o conceito de turismo sustentável surge como solução, visando equilibrar os benefícios econômicos do turismo com a necessidade de conservação. Promove a ideia de que o turismo deve ser desenvolvido e gerido de forma a minimizar o seu impacto negativo no ambiente e maximizar o seu contributo positivo para as comunidades locais e para a conservação da biodiversidade (HUNTER, 1997).

2.2. IMPACTOS POSITIVOS DO TURISMO NA BIODIVERSIDADE

O potencial impacto positivo do turismo na biodiversidade é duplo, contribuindo tanto economicamente quanto em termos socioculturais. Economicamente, o turismo pode fornecer o financiamento tão necessário para os esforços de conservação. As receitas geradas com taxas de entrada, doações e impostos sobre empresas de turismo podem ser direcionadas para a preservação e restauração de habitats naturais, contribuindo para a conservação da biodiversidade (BALMFORD et al., 2015). Por exemplo, os parques nacionais em todo o mundo muitas vezes dependem da receita do turismo para manter e proteger a biodiversidade dentro de seus limites.

A fauna constitui um importante atrativo turístico, um recurso endógeno valioso das localidades que a possuem e se devidamente planejado pode resultar em benefícios para a população, maximizados pelo fato de serem obtidos por uma atividade



sustentável (DIAS, 2011). No Quênia, por exemplo, o marfim de um elefante caçado é vendido no mercado negro por cerca de US\$ 21.000. Um elefante vivo, por outro lado, vale mais de US\$ 1,6 milhão em oportunidades de ecoturismo (VAN de WATER et al, 2022).

O turismo de baixa intensidade baseado na observação da vida selvagem pode ser um fator promissor no uso econômico sustentável do Pantanal a longo prazo e pode ser uma rara oportunidade de conservação fora das áreas estritamente protegidas. Nesse sentido para garantir um futuro sustentável e preservar a fauna única da qual o setor depende, recomenda-se selecionar práticas de manejo eficazes para controlar a escala e o conceito de ecoturismo no Pantanal (BURNS et, 2020).

Levando em consideração aspectos socioculturais, o turismo pode elevar a consciência global sobre a importância da biodiversidade. Ao expor os turistas a ecossistemas únicos e *hotspots* de biodiversidade, o turismo pode promover uma maior apreciação da natureza, potencialmente levando a comportamentos ambientais mais responsáveis (HAUSMANN et al., 2016). Além disso, pode estimular o apoio público a políticas e iniciativas de conservação.

O ecoturismo, em particular, incorpora esses benefícios potenciais. Muitas vezes ocorrendo em áreas ricas em biodiversidade, o ecoturismo pode servir como uma ferramenta tanto para educar os turistas sobre a biodiversidade quanto para gerar fundos para a conservação. As Ilhas Galápagos, Patrimônio Mundial da UNESCO, são um exemplo notável. Sua indústria de ecoturismo bem gerida tem ajudado a aumentar a conscientização sobre a importância de preservar sua biodiversidade única, com grande parte da renda gerada pelo turismo sendo revertida para esforços de conservação (EPLER, 2007).

Considerado um nicho de mercado, o Turismo de Observação de Aves ou *birdwatching*, constitui uma das atividades que estão em acelerado crescimento em todo o mundo, pois envolve de modo concreto o visitante com uma prática ecológica que antecede e se estende muito além da visita, exigindo preparo, planejamento e posterior avaliação. A cidade de Ubatuba, SP, tornou essa atividade turística altamente positiva para o município, controlada e coordenada pelo poder público, que organiza e se faz presente nos eventos relacionados com a observação de aves, articulando a participação dos segmentos empresariais. Estes compreendem que o fluxo turístico

permanecerá na medida em que há ocorrência de aves em suas imediações, o que contribui para que mantenham a qualidade ambiental nas proximidades de seu empreendimento. Ubatuba tornou-se uma referência mundial na observação de aves. O Turismo de Observação de Aves no município se constitui em uma oferta complementar ao turismo de sol e praia, atraindo um segmento de visitantes de alto poder aquisitivo, formado por estudiosos de aves e que contribuem para a sustentabilidade do ecossistema local (DIAS, 2011)

Em alguns pontos do litoral brasileiro se explora a observação de baleias que é realizado tendo o cuidado de não prejudicar a vida animal. O turismo de observação de baleias (Whale -watching) quando bem planejado oferece oportunidades de renda para um número maior de pessoas do que a antiga e condenável prática de caça a esses animais. No Brasil, a observação de baleias é realizada com monitoramento permanente e constante em dois pontos principais. O primeiro no litoral de Santa Catarina, monitorada pelo Projeto Baleia Franca, que acompanha a espécie Baleia Franca Austral (*Eubalaena australis*); e o segundo no Parque dos Abrolhos, no litoral sul da Bahia, com acompanhamento pelo Instituto Baleia Jubarte, que estuda a Baleia Corcunda (*Megaptera novaeangliae*) (GOMES,2022)

No entanto, para que esses impactos positivos sejam percebidos, é essencial uma gestão e regulação cuidadosas das atividades turísticas. Sem uma supervisão adequada, o turismo pode facilmente deixar de ser um benefício potencial para passar a ser uma ameaça para a biodiversidade. No Pantanal brasileiro, por exemplo, o ecoturismo está complementando e substituindo a pecuária tradicional como alternativa de renda econômica na região do Pantanal brasileiro. Ocorre que o tipo e a intensidade da atividade turística são desregulados no Pantanal. Apesar dos regulamentos auto-implementados em fazendas privadas de ecoturismo, apenas as atividades turísticas relacionadas à onça-pintada são geralmente controladas por lei. O uso do ecoturismo como ferramenta de conservação e as possíveis consequências para a fauna pantaneira precisam ser avaliados para garantir o crescimento sustentável da indústria (BURS et al, 2020).

2.3. IMPACTOS NEGATIVOS DO TURISMO NA BIODIVERSIDADE

A biodiversidade, incluindo espécies e ecossistemas específicos, serve de atrativo para o ecoturismo. Porém, é preciso ressaltar que a indústria do turismo também tem impactos negativos sobre a biodiversidade, através da urbanização turística, perda de habitat e aceleração da mudança climática, desconstruindo a ideia de ser um setor totalmente inofensivo. Embora o turismo possa colaborar para a preservação da biodiversidade, na prática, os casos de sucesso são raros e geralmente ligados a espécies particulares ou habitats de menor escala, não a uma abordagem de conservação ampla (HALL,2010). Estudos avaliados globalmente revelaram, que os efeitos negativos do turismo na vida selvagem são relativamente comuns (59% dos 274 estudos) e que há uma grande lacuna de pesquisa sobre os impactos do turismo nas áreas ricas em biodiversidade onde o ecoturismo está se expandindo (LARSON et al. 2016).

Um exemplo ilustrativo do impacto do excesso de turismo no meio ambiente é a degradação das praias e corais intocados na Baía de Maya, na Tailândia, que teve que ser fechada devido aos danos provocados, pelo turismo excessivo, a um dos ambientes marinhos mais admirados do mundo (ELLIS-PETERSEN, 2018).

A perturbação do habitat ocorre frequentemente quando a infraestrutura turística é desenvolvida sem uma consideração adequada dos seus impactos ambientais. A construção de hotéis, estradas e outros equipamentos turísticos pode fragmentar habitats e perturbar a vida selvagem, levando à redução da biodiversidade (NEWSOME et al., 2012). Além disso, o tráfego excessivo de turistas a pé pode causar erosão do solo e perturbar o comportamento da vida selvagem, afetando negativamente a flora e a fauna locais (PICKERING et al., 2010).

Um dos maiores problemas enfrentados pelos conservacionistas do guepardo (*Acinonix Jubatus*) é a baixa taxa de sobrevivência dos seus filhotes. Pesquisa realizada na Reserva Masai Mara e seu entorno, no sudoeste do Quênia revelou que um fator que prejudica a capacidade das mães do felino de criar seus filhotes é a presença de muitos turistas em safáris. (BROEKHUIS,2018)

O turismo também pode contribuir para a poluição, que pode prejudicar a biodiversidade. Isso inclui tanto a poluição física, como o lixo, quanto formas mais indiretas de poluição, como a poluição sonora e luminosa, que podem interromper o comportamento e os habitats da vida selvagem (GÖSSLING & HALL., 2017).

O uso excessivo de recursos, como terra, água e energia, é outra grande preocupação. Em muitos destinos turísticos, o aumento da demanda por esses recursos devido ao turismo pode levar à sua superexploração, o que pode ter efeitos nocivos sobre a biodiversidade (GÖSSLING et al., 2015).

À medida que o turismo continua a expandir-se, mais terras são convertidas em usos turísticos – por exemplo, para fornecer mais alojamento e instalações turísticas, como campos de golfe ou outras instalações – e as áreas turísticas existentes são utilizadas de forma mais intensiva. Das quase 48.000 espécies de plantas e animais incluídas na Lista Vermelha de Espécies Ameaçadas da IUCN, 1.761 estão ameaçadas por empreendimentos turísticos. Além disso, grande parte do turismo mundial está concentrada em áreas que contêm uma alta proporção de ecossistemas sensíveis, particularmente regiões costeiras ou montanhosas (UNWTO, 2010).

Outro exemplo é o caso da Grande Barreira de Corais na Austrália que ilustra os potenciais impactos negativos do turismo na biodiversidade. Apesar de ser um importante destino turístico, o excesso de atividades turísticas, aliado às mudanças climáticas, tem levado a eventos significativos de branqueamento de corais, demonstrando o potencial destrutivo de um turismo mal gerenciado (HUGHES et al., 2018).

Os impactos negativos do turismo podem ser reduzidos através de várias medidas simples, incluindo controles através de planejamento para proteger os principais sítios da biodiversidade e zonas sensíveis do desenvolvimento do turismo, a utilização de práticas de gestão ambiental para reduzir os níveis de resíduos e tratar e eliminar adequadamente os resíduos remanescentes, a implementação de regimes de compra sustentáveis para apenas adquirir fornecimentos de fontes sustentáveis, e gestão de grupos turísticos para minimizar a perturbação da vida selvagem.(UNWTO,2010)

2.4. ESTUDOS DE CASO

Uma compreensão mais aprofundada dos impactos do turismo na biodiversidade pode ser obtida a partir de estudos de caso do mundo real.

Na Costa Rica, um esforço conjunto tem sido feito para usar o turismo como uma ferramenta para a conservação da biodiversidade. O país tem uma próspera indústria

de ecoturismo que gera fundos significativos para a conservação. A Reserva Florestal Monteverde, por exemplo, atrai centenas de milhares de turistas anualmente. A receita gerada ajuda a financiar os programas de gestão e conservação da reserva, comprovando que o turismo pode contribuir positivamente para a conservação da biodiversidade quando gerido de forma responsável (HONEY, 2008).

No entanto, uma pesquisa com visitantes descobriu que 28% dos entrevistados indicaram que não visitariam a Reserva Florestal Monteverde, na Costa Rica, se duas espécies icônicas de aves, o quetzal-resplandecente (*Pharomachrus mocinno*) e a araponga-da-nicarágua (*Procnias tricarunculatus*), estivessem faltando. Isso significa que boa parte da receita do turismo no país depende da preservação dessas duas aves (UNWTO, 2010). Esse é um exemplo da necessidade permanente de pesquisa junto à demanda turística para determinar qual é seu interesse específico na visita, o que facilita o planejamento turístico do destino e as estratégias de marketing a serem adotadas.

Ao contrário, a Grande Barreira de Corais na Austrália mostra como o turismo excessivo pode ser prejudicial à biodiversidade. Apesar de ser um dos destinos turísticos mais populares do mundo, o recife passou por severos eventos de branqueamento de corais. O aumento do tráfego de barcos, a poluição relacionada ao turismo e os danos físicos das atividades turísticas exacerbaram o estresse sobre o já vulnerável ecossistema de corais. Essas pressões, combinadas com os impactos das mudanças climáticas, levaram a uma perda significativa de biodiversidade no recife (HUGHES et al., 2018).

Outro exemplo é o caso das Ilhas Galápagos. Apesar de ser um Patrimônio Mundial protegido pela UNESCO com regulamentos rígidos sobre atividades turísticas, o aumento do número de turistas tem levado a desafios na gestão de resíduos e espécies introduzidas, representando assim uma ameaça à biodiversidade única das ilhas (EPLER, 2007).

Estes casos sublinham a relação complexa e contexto-dependente entre turismo e biodiversidade. Eles destacam a necessidade urgente de uma gestão cuidadosa e regulamentação das atividades turísticas para garantir a preservação da biodiversidade do planeta.



3. CONSIDERAÇÕES FINAIS

3.1. SÍNTESE DOS RESULTADOS

Esta revisão abrangente revelou os impactos dicotômicos do turismo sobre a biodiversidade. Os resultados sugerem que, embora o turismo possa levar à degradação da biodiversidade por meio da interrupção do habitat, poluição e uso excessivo de recursos naturais (HALL, 2010), ele também pode dar contribuições positivas. Isso inclui a geração de fundos para a conservação, o auxílio à preservação do habitat e o aumento da conscientização sobre a biodiversidade global (BALMFORD et al., 2015; HAUSMANN et al., 2016). Estudos de caso, como a bem-sucedida indústria de ecoturismo da Costa Rica e a degradação da Grande Barreira de Corais devido ao turismo excessivo, ilustram ainda mais essa complexa relação (HONEY, 2008; HUGHES et al., 2018).

A identificação de um destino turístico com uma espécie bandeira, quer esta seja uma ave, um mamífero, réptil ou anfíbio é importante pela associação imediata do turista com a vida selvagem o que implica em identificação com o mundo natural e qualidade de vida que permite inclusive a existência de espécies silvestres convivendo de algum modo com a presença humana. Um exemplo desse tipo é a adoção pelo distrito turístico de São Francisco Xavier, em São Jose dos Campos/SP do muriqui (*Brachyteles arachnoides*) também chamado mono-carvoeiro, como animal símbolo da cidade (ARAUJO, 2012). Este exemplo ilustra a importância de destacar elementos da biodiversidade para valorizar um destino turístico.

3.2. IMPLICAÇÕES

Estes resultados sublinham a necessidade de práticas turísticas sustentáveis que não só mitiguem os impactos negativos, mas também reforcem os contributos positivos do turismo para a biodiversidade. Eles enfatizam a importância de políticas informadas que equilibrem o desenvolvimento do turismo e a conservação da biodiversidade. Os resultados também ressaltam a necessidade de mais pesquisas nessa área, especialmente no contexto da paisagem turística global em rápida mudança e dos desafios ambientais.

Um exemplo foram os resultados obtidos com a reintrodução de lobos na grande área de Yellowstone em meados da década de 1990 que atraiu entusiastas de lobos de todo o mundo para o parque. Cerca de 90.000 visitantes respondem por mais US\$ 35

milhões em gastos a cada ano. As empresas locais de observação da vida selvagem se adaptaram para atender à crescente demanda de ver lobos na natureza. Eles são mais fáceis de observar durante os meses de inverno – anteriormente uma época lenta para as empresas de turismo e o interesse pela observação de lobos permitiu que esses negócios estendessem sua temporada de geração de renda. (UNWTO, 2010)

3.3. RECOMENDAÇÕES

A revisão sugere várias recomendações importantes para a prática futura. Os formuladores de políticas e os profissionais da indústria do turismo devem promover práticas de turismo sustentável que considerem a conservação da biodiversidade como um objetivo principal. Isso inclui regular as atividades turísticas para evitar o uso excessivo e a degradação dos recursos naturais, implementar estratégias para educar os turistas sobre a biodiversidade e desenvolver planos para utilizar a receita do turismo para esforços de conservação.

Programas de monitoramento da biodiversidade devem ser prioridade em áreas protegidas abertas para o turismo, uma vez que a superlotação e o mau planejamento podem resultar na deterioração da biodiversidade e dos valores paisagísticos (BARCELOS et al, 2022). Presença humana constante em áreas protegidas pode levar a mudanças no uso do espaço pelas espécies. Por exemplo, os leopardos eram mais ativos durante o dia e usavam áreas turísticas com mais frequência quando um parque nacional na Tailândia estava fechado para visitantes (NGOPRASERT et al, 2017). No Parque Nacional Cavernas do Peruaçu, estado de Minas Gerais, observou-se que o mocó (*Kerodon rupestris*) roedor considerado vulnerável à extinção pelo Livro Vermelho da Fauna brasileira ameaçada de extinção, evitou as áreas turísticas após a intensificação do turismo, indicando que a espécie foi afetada pela visitação. (BARCELOS et al, 2022).

É importante destacar que em áreas protegidas, o turismo pode melhorar a eficácia da conservação, fornecendo fundos para programas de gestão, pesquisa e educação. Além disso, o turismo baseado na natureza geralmente está concentrado em uma área relativamente pequena e tem impactos mais limitados do que outras atividades econômicas, como extração de madeira e agricultura. (BARCELOS et al, 2022)

4. CONSIDERAÇÕES FINAIS

Ao explorar a complexa interação entre turismo e biodiversidade, este estudo identificou os impactos positivos e negativos do turismo sobre a biodiversidade. Revelou que o turismo, quando adequadamente gerido e dirigido, tem potencial para apoiar os esforços de conservação da biodiversidade econômica e sociocultural. Por outro lado, também sublinhou os impactos negativos substanciais que o turismo não regulamentado ou mal regulado pode exercer sobre a biodiversidade.

Os benefícios econômicos gerados pelo turismo, como recursos destinados a programas de conservação, podem contribuir significativamente para a preservação da biodiversidade. Além disso, o turismo desempenha um papel sociocultural vital na sensibilização global para a importância da biodiversidade. Através da exposição a ecossistemas únicos e *hotspots* de biodiversidade, o turismo pode inspirar um maior respeito pela natureza e estimular o apoio público a iniciativas de conservação.

No entanto, os impactos negativos do turismo na biodiversidade não podem ser subestimados. Estes incluem a perturbação do habitat, a poluição, o uso excessivo dos recursos naturais e a perturbação da vida selvagem. Em vários casos em todo o mundo, esses impactos negativos levaram a uma perda significativa de biodiversidade.

Políticas transparentes, práticas sustentáveis e pesquisas contínuas são vitais para equilibrar as demandas de desenvolvimento do turismo e conservação da biodiversidade. Os formuladores de políticas e as partes interessadas no setor de turismo devem priorizar práticas de turismo responsáveis e sustentáveis que minimizem os danos ambientais e aumentem os benefícios para a biodiversidade. Isso envolve a adoção de estratégias de gestão abrangentes, o cumprimento de mecanismos regulatórios, a promoção da educação ambiental entre os turistas e o investimento em infraestrutura sustentável.

Além disso, pesquisas em andamento são cruciais para manter uma compreensão atualizada da relação turismo-biodiversidade. Dado o cenário global em rápida mudança – marcado pelas mudanças climáticas, avanços tecnológicos e condições socioeconômicas em evolução – a pesquisa deve avaliar continuamente os impactos em evolução do turismo na biodiversidade e desenvolver soluções inovadoras para os desafios emergentes.

O futuro do turismo deve ser aquele que respeite e priorize profundamente a biodiversidade. Somente através de um compromisso com o turismo sustentável e responsável é possível garantir o florescimento da indústria do turismo e da inestimável biodiversidade global. Reconhecer a complexidade dessa relação e buscar o equilíbrio são fundamentais para alcançar um turismo sustentável que beneficie tanto os seres humanos quanto a natureza.

REFERÊNCIAS

- ARAUJO, R.S.P. Contradições do planejamento territorial do turismo no Brasil: o distrito de São Francisco Xavier, São José dos Campos (SP). **Tese de doutorado** Departamento de Geografia da Faculdade de Filosofia, Letras e Ciências Humanas, da Universidade de São Paulo, 2012.
- BALMFORD, A., GREEN, J. M., ANDERSON, M. et al. Walk on the wild side: Estimating the global magnitude of visits to protected areas. **PLoS biology**, 13(2), e1002074, 2015.
- BARCELOS, D., VIEIRA, E., PINHEIRO, M., & FERREIRA, G. A before–after assessment of the response of mammals to tourism in a Brazilian national park. **Oryx**, 56(6), 854-863, 2022. doi:10.1017/S0030605321001472
- BROEKHUIS, F. Natural and anthropogenic drivers of cub recruitment in a large carnivore. **Ecology and Evolution**. 8(13), p. 6748-6755, 2018. <https://doi.org/10.1002/ece3.4180>
- BURS, K., WISTUBA, R., SCHUCHMANN, K.L., PERAZZI, P.R. & MARQUES, M.I. Response of mammals to ecotourism, cattle farming, and habitat structure in the northern and southern brazilian pantanal. **Mastozoología Neotropical**, vol. 27, núm. 2, pp. 282-297, 2020
- CBD (2020). **Global Biodiversity Outlook 5**. Available in: <https://www.cbd.int/gbo5>
- DIAS, R. A biodiversidade como atrativo turístico: o caso do Turismo de Observação de Aves no município de Ubatuba (SP). **Revista Brasileira de Ecoturismo**, São Paulo, v.4, n.1, 2011, pp.111-122.
- DÍAZ, S., SETTELE, J., BRONDÍZIO, E. S., et al (2019). Pervasive human-driven decline of life on Earth points to the need for transformative change. **Science**, 366(6471), 2019.
- DIMITRIOU, C.K. From theory to practice of ecotourism: major obstacles that stand in the way and best practices that lead to success. **European Journal of Tourism, Hospitality and Recreation**, 8(1), 2017.

- ELLIS-PETERSEN, H. Thailand bay made famous by the beach closed indefinitely. **Guardian**, 2018. Available in: <https://www.theguardian.com/world/2018/oct/03/thailand-bay-made-famous-by-the-beach-closed-indefinitely>
- EPLER, B. Tourism, the economy, population growth, and conservation in Galapagos. **Charles Darwin Foundation**. Galapago Islands, Ecuador, 2007.
- GOMES, R.R.P., LUNARDI, V.O., LUNARDI, D.G. Turismo de observação de cetáceos no Brasil. **Sustainability in Debate** - Brasília, v. 13, n.2, p. 123-138, ago/2022
- GÖSSLING, S. HALL, C. M., & SCOTT, D. **Tourism and water**: Interactions, impacts and challenges. Channel view publications, 2015.
- GÖSSLING, S. & HALL, C. M. **Tourism and global environmental change**: Ecological, social, economic and political interrelationships. Routledge, 2017.
- GÖSSLING, S. **Tourism and Development in Tropical Islands**: Political Ecology Perspectives. Edward Elgar Publishing, 2003.
- HALL, C.M. Tourism and biodiversity: more significant than climate change? **Journal of heritage tourism**. 5(4), 253-266, 2010.
- HAUSMANN, A., SLOTOW, R., BURNS, J. K., & DI MININ, E. The ecosystem service of sense of place: Benefits for human well-being and biodiversity conservation. **Environmental Conservation**, 43(2), 117-127, 2016.
- HONEY, M. **Ecotourism and sustainable development**: Who owns paradise?. Island Press, 2008.
- HUGHES, T. P., ANDERSON, K. D., CONNOLLY, S. R., et al. Spatial and temporal patterns of mass bleaching of corals in the Anthropocene. **Science**, 359(6371), 80-83, 2018.
- HUNTER, C. Sustainable tourism as an adaptive paradigm. **Annals of Tourism research**, 24(4), 850-867, 1997.
- KRÜGER, O. The role of ecotourism in conservation: panacea or Pandora's box?. **Biodiversity & Conservation**, 14(3), 579-600, 2005.
- LARSON, C.L., REED, S.E., MERENLENDER, A.M. & CROOKS, K.R. (2016) Effects of recreation on animals revealed as widespread through a global systematic review. **PLOS ONE**, 11, e0167259.
- MEADOWS, D. H., RANDERS, J., MEADOWS & D. L., RANDERS, J. **The Limits to Growth**: The 30-Year Update Paperback. Chelsea Green Publishing, 2004, p.338.



MOHER, D., LIBERATI, A., TETZLAFF, J., et al. Preferred reporting items for systematic reviews and meta-analyses: the PRISMA statement. **PLoS Med**, 6(7),2009. e1000097.

NEWSOME, D., MOORE, S. A., & DOWLING, R. K. **Natural area tourism: Ecology, impacts, and management**. Channel View Publications, 2012.

NGOPRASERT, D., LYNAM, A.J. & GALE, G.A. (2017) Effects of temporary closure of a national park on leopard movement and behaviour in tropical Asia. **Mammalian Biology**, 82, 65–73.

PICKERING, C., HILL, W., NEWSOME, D., & LEUNG, Y. F. Comparing hiking, mountain biking and horse riding impacts on vegetation and soils in Australia and the United States of America. **Journal of Environmental Management**, 91(3), 551-562, 2010.

UNWTO. **Tourism and Biodiversity: Achieving Common Goals Towards Sustainability**. Madrid, Spain. 2010. Link: <https://www.e-unwto.org/doi/pdf/10.18111/9789284413713>

VAN de WATER, A., HENLEY, M. D., BATES, L., & SLOTOW, R. The value of elephants: A pluralistic approach. **Ecosystem Services**, 58(101488), 2022, <https://doi.org/10.1016/j.ecoser.2022.101488>

UMA INTRODUÇÃO À ECONOMIA ECOLÓGICA: IDEIAS PARA UM PRIMEIRO DEBATE

AN INTRODUCTION TO ECOLOGICAL ECONOMICS: IDEAS FOR A FIRST
DISCUSS

DOI: 10.51859/ampla.mas3200-15

Julio Cesar Lopes Borges ¹

¹ Graduado em Ciências Econômicas pela Universidade de Extremo Sul Catarinense - UNESC

² Especialista em Economia e Meio Ambiente pela Universidade Federal do Paraná – UFPR

³ Membro da Associação Brasileira de Economia Ecológica – ECOECO

RESUMO

O presente trabalho coloca algumas questões introdutórias e discutíveis a respeito da economia ecológica, tão indagada e ao mesmo tempo desconhecida por estudante de economia. Desenvolve-se no bojo de uma suposta grande preocupação ambiental e planetária e se coloca à disposição para analisar questões, tão importantes pós choque do petróleo e problemas de questão energética. Vem demonstrar as formas com que se relaciona ou refuta, introdutoriamente, correntes e linhas econômicas clássicas e neoclássicas, seus principais desafios e angústias. Indaga-se quanto a finitude da natureza, tão importante para a produção e consumo de mercadorias, também com o consumo no moderno sistema produtor de mercadorias. Ao fim, analisa questões de sustentabilidade no capitalismo, contradições e desafios, desenvolvimento da economia ecológica no Brasil.

Palavras-chave: Corrente Econômica. Limites da Natureza. Economia Ecológica

ABSTRACT

The present paper poses some introductory and debatable questions regarding ecological economics, so much inquired about and at the same time so unknown by economics students. It is developed in the midst of a supposedly great environmental and planetary concern and is available to analyze such important issues as the post-oil shock and energy problems. It comes to demonstrate the ways in which it relates to or refutes, introductory, classical, and neoclassical economic currents and lines, its main challenges, and anxieties. It questions the finiteness of nature, so important for the production and consumption of commodities, also with consumption in the modern commodity-producing system. Finally, it analyzes issues of sustainability in capitalism, contradictions and challenges, and the development of ecological economics in Brazil.

Keywords: Economic Current. Nature's Limits. Ecological Economics

1. INTRODUÇÃO

Paira sobre a modernidade, sobretudo nas últimas décadas, uma discussão de infinitude perene. As análises da economia, no que tange ao meio ambiente, provocam grande discussão de modelo e formas. A preocupação com as transformações climáticas geradas pelo capitalismo, a priori determinam, impõe aos economistas novas formas de pensar, além das mesmas habitualmente, não se esgotando, mas se reorganizando. Áreas do conhecimento que até então não possuía quaisquer tipos de vínculo com questões ambientais, se veem, agora, movendo-se para que se integrem e se compreenda o todo, holisticamente. Trabalhos e análises ambientais despertam preocupações e formas de ver uma realidade factual, mesmo que distantes ou não, preocupantes nas atividades de produção da vida material.

Relatos e experiências científicas nos colocam grandes desafios de pensar uma economia que enxergue as diversas dimensões da ciência, pelas mudanças globais que se há causado, sobretudo pós-revolução industrial. Atingimos, por tanto, um estágio preocupante e complexo, resultado das investidas, em maior escala, do capitalismo mundial. As consequências desta transformação ocorreram em todas as áreas do conhecimento e pensamento, colocando em pequenas caixinhas fragmentadas as áreas diversas em com pouco diálogo entre si.

A economia ecológica se propõe a estas análises e o entendimento das transformações do humano da biosfera, tanto do ponto de vista histórico como transdisciplinar. Conhecida como bioeconomia prontifica-se a integrar conhecimentos diversos no entendimento de uma análise holística, complexa e determinada, com uso de ferramenta sofisticadas. Se contrapõe a economia ambiental em alguns aspectos importantes, mas utiliza-se de ferramentas indispensáveis para análises econômicas dela. Também não nega métodos como o materialista marxiano ou marxista que contemple a compreensão da natureza.

Portanto, a economia ecológica se distingue de métodos da economia ambiental e economia marxista, mas faz-se integrar estas experiências. Possui um caráter analítico integrativo e transdisciplinar que dialoga com correntes diversas, ocupando o campo heterodoxo da economia. Seus fundamentos têm seu eixo fundante a concepção da biosfera e a termodinâmica, tão importante para o entendimento das transformações



causadas pela investida humana ao longo dos tempos, sobretudo no capitaloceno. Ademais por ser um campo novo de conhecimento que abarca diversas possibilidades não possui uma metodologia definida própria, ou postulada. Existe uma pluralidade metodológica na economia ecológica, que permite uma riqueza e diversidade de trabalhos que contemple aspectos importantes desta área.

Concepções marxistas também introduzem ao diálogo mais profundo das relações sociais e históricas indispensáveis para uma concepção mais crítica sobre o termo. Todavia, compreender as teorias da economia ambiental, também são indispensáveis quando se olha sob o aspecto de ferramental disponível para analisar particularidades da natureza. Para tal, os ecossocialistas, em grande parte, defendem que Marx tratou em toda a sua obra questões ecológicas, o que não se pode contrariar pelo advento do seu tempo, quando a prioridade desta abordagem foca nas questões de desmistificar o capitalismo, em sua essência. Também por aglutinar questões sociais e políticas a priori. Todavia, a economia ambiental parte de uma conjectura burguesa acerca da natureza e da propriedade, partindo de conceitos neoclássicos.

Ainda que economistas desconsiderem a importância da natureza no processo econômico ou de certa forma externalizem tal processo, ainda sim necessitam ou se deparam com processos de análises estruturais dentro do modo de produção capitalista. A economia ecológica não vê como modismo tal análise, mas sim um ponto de partida para se entender a totalidade da existência humana planetária, considerando aspectos regionais e as contradições locais, no diálogo econômico global. Considera que não há nada mais fundante que os processos termodinâmicos.

2. PONTOS DIVERGENTES E INTRODUTÓRIOS

De maneira imprudente intensificamos emissões de gases poluentes, com um início intensivo após a revolução industrial capitalista, mas aprofundado no século XIX. Na ordem do dia está a preocupação com o clima, potencializados principalmente pelos grandes poluentes, em maior escala comandados pelos países desenvolvidos, com parcela de países em desenvolvimento e emergentes. Fato importante a considerar é que a permanência da vida humana, em última instância, depende do desenvolvimento de alternativas para mitigação, altamente comprovado por todas as instituições globais. Outros aspectos da relação humana com a natureza também se encontram em

trabalhos realizados pela economia ecológica, trabalhos estes que não só fazem a crítica ferrenha ao modo de produção capitalista, mas propõe possibilidades, mesma que utilizando métodos probabilísticos (FOSTER, 2014).

Diferentemente da economia ambiental, a economia ecológica que, analisa as possibilidades de aumentar a eficiência da gestão ambiental, muito válida, com a utilização complementar de um critério econômico, reforçando a dimensão humana da gestão ambiental. Que discute a valoração ambiental e suas técnicas para estimar os valores sociais dos recursos ambientais e, desta forma, obter um indicador de priorização, é parte da alguma crítica. Sendo completamente válida. Mas não findamos nisto pois instrumentos de análise que dimensionam aspectos globais e econômicos com vista em problemas ambientais são altamente válidos, diante das estratégias de sustentabilidade ou in sustentabilidades, conceituando o contextualizando, confrontando e transformando. Portanto a economia ecológica é transdisciplinar, é o movimento do todo, com ajustes e empréstimos assertivos de metodologia e métodos diversos.

Neste conceito da valoração ambiental estão quatro aspectos importantes: Valor de uso direto que trata de bens e serviços ambientais apropriados diretamente da exploração do recurso e consumidos hoje, valoração de uso indireto que trata de bens e serviços ambientais que são gerados de funções ecossistêmicas e apropriados indiretamente hoje, da valoração de opção que trabalha a questão de bens e serviços ambientais de uso diretos e indiretos a serem apropriados no futuro, de valor de existência que conta serem valores não associados ao uso total ou futuro e que refletem questões morais, culturais éticos ou altruísta (MOTTA, 2006).

Porém a economia ecológica é muito mais abrangente que um método de valoração ambiental. Esta área do conhecimento vai nos fundamentos biofísicos como a termodinâmica para compreender a dinâmica planetária, sobretudo o que diz respeito a energia. Tendo como maior expoente Goergescu-Roegen e suas análises contemporâneas da complexidade ambiental e formação das análises econômicas. Propõe ainda que os teóricos da economia deveriam ir para além da Primeira Lei da Termodinâmica (Conservação de Energia) do jardim da infância do século XVIII para o próximo grau que seria a Segunda Lei da Termodinâmica que ampliaria a concepção da

entropia que poderia revolucionar a forma que veem a dinâmica das relações ambientais, sociais e econômicas (SCHNCARIOL, 2013).

Como havia mencionado acima a economia ecológica, ainda que possua suas bases em fundamentos biofísicos, mesmo assim, dialoga com correntes e áreas do conhecimento diversas, transita e se desprende, avalia e contempla, reformula e as vezes consente. Ainda, possui contribuições de diversas formas, até o próprio David Ricardo nas considerações da terra e da mina, ou seja, da fertilidade da terra como algo renovável, mas também esgotável, desenvolveu contribuições importantes para se pensar uma economia ecológica. O que se coloca também é que Keynes deu relativamente pouca importância aos aspectos de recursos naturais, muito criticado mesmo pela economia ambiental, pois em seus estudos não considerou a importância que a natureza tem neste processo e sua escassez.

Porém Marx, por mais que alguns economistas e cientistas coloquem seu deslocamento prioritário para a compreensão das relações econômica e sociais, possui uma grande importância para as bases da ecologia política, sobretudo ao ecossocialismo. Apesar de colocações de centralidade social no processo de produção capitalista nunca deixou isolada as questões ambientais, pois sempre esteve presente em seu vasto estudo social. Também Malthus contribui no sentido do crescimento populacional, mas deixa-se muito claro que a economia ecológica não se limita as essas análises, mas se apropria e integra de forma a consolidar uma concepção econômica heterodoxa e em construção, no sentido não só de refutar, mas de se apropriar no contexto do colapso ambiental na sociedade moderna (FOSTER, 2014).

Georgescu-Roegen, busca refutar a tese de que o avanço tecnológico poderia resolver os problemas de escassez. Estes nada mais são do que capital que demanda recursos naturais. Portanto os recursos naturais são finitos, de certa forma, uns mais que os outros, tem prazo, destino e findam. Questões de escassez deve ser compreendida para não se cair em falso nas armadilhas ortodoxas. A escassez dos recursos tornará o futuro mais e não menos difícil, ao passo que os recursos baratos vão exaurindo-se, com a necessidade de se reciclar, reaproveitas e investir recursos na produção tecnológica. Mesmo as teorias de Schumpeter, sendo importantes para a economia e o desenvolvimento, ainda sim esbarram em questões ambientais primeiras desta natureza (SCHNCARIOL, 2013).

Keynes, por sua teoria revolucionário no século XX, pelas considerações da economia ecológica, priorizaria a revalidação das categorias principais, suas propostas teriam que ser reavaliadas sem perder seu núcleo central. Seria o ato de teorizar privilegiando a produção de não poluentes, com a análise de consumo de caráter renovável. Mesmo tendo em vista que o impacto no volume de emprego seria menos na aplicação de tais propostas, é certo que os impactos socioambientais seriam menores, dando mais longevidade a humanidade. Problemas notórios de poluição deveriam ser disseminadas por economistas na vanguarda, ao passo que o que se tem, em sua maioria esmagadora, economistas somente preocupados com o crescimento econômico contraditório.

3. PONTOS CHAVE E PREOCUPAÇÕES AMBIENTAIS

A opinião dos ambientalistas é bem diversificada, assim como as dos economistas. Não há como negar a importância da economia ecológica para o debate, especialmente no capitalismo. Também, alguns economistas heterodoxos desconhecem tal debate e, quando conhecem, as vezes se deslocam sobre o pretexto da insignificância. Me refiro a produção de mercadorias e seus resíduos, que não estão nas bordas planetárias mais giram e permanecem impedindo cada vez mais o novo consumo e produção de forma ecológica, de como pensar a natureza. Os recursos naturais são mesmo a fonte de nossa permanência no planeta, mas também de existência finita frente a toda transformação impactante para a vida. São preocupações gerais, factuais, cientificamente provadas e comprovada, cada vez mais difundidas, reais (CAVALCANTI, 2010).

É certo que há limites naturais para a produção de mercadorias planetária. Além da questão do trabalho humano na produção de mercadorias, discutido a fundo pelos marxistas e marxianos, além das questões dos mercados, discutidos pelos utilitaristas, existe uma preocupação com a manutenção do nível de emprego e a construção de condições para o crescimento adequado, elementos não enfatizados pelos ambientalistas, mas proposto pela economia ecológica. Propor uma análise fora dos padrões neoclássicos, onde não existe causa e efeito simplificado, é uma necessidade quando se trata de aprofundar os reais motivos de encontro ao presente. Além disso, considera o planeta terra como um sistema fechado e seus processos termodinâmicos

obtêm descobertas particularmente interessantes, é fruto de um estudo transdisciplinar e holístico acerca das possibilidades da teoria econômica e do meio ambiente.

O Brasil encontra-se em situação privilegiada, considerando sua localização e a abundância de recursos naturais, suas estratégias, pois é um dos principais países com maior matriz energética diversificada. Tal privilégio para tanto não garante que tal tenha uma economia desenvolvida nos padrões capitalistas. Assim não se trata somente de produção industrial, mas uma complexidade de fatores. A energia solar tem seu potencial alavancado, inclusive no meio rural, distante das grandes indústrias, em situações semelhantes, encontram-se as fontes eólicas, que tem seu crescimento exponencial, mesmo que possua dificuldades de implementação por diversos fatores. Isso tudo, com o objetivo na diversificação da matriz energética e preocupação nas gerações futuras, sem perder de vista, a oportunidade de negócios internacionais com forte reconhecimento. Diversificando a matriz energética é possível reduzir a emissão de CO², importante ação para estancar as mudanças climáticas e o aumento da temperatura, com previsões de calor estarrecedor para 2050 (CAVALCANTI, 2010).

A questão do consumo passa necessariamente pela questão da energia, tão abundante no Brasil. O centro do debate tem vistas de aprofundamento necessário sobre a termodinâmica e a produção de energia. Apesar deste protagonismo brasileira em relação a outros países, neste tema, ainda sim possui desafios de como podemos transitar para outros patamares de sustentabilidade forte. É neste sentido que podemos compreender a importância deste debate acompanhando estudos em economia ecológica e bioeconomia. Podemos iniciar o entendimento do debate de energia observando países desenvolvidos e em desenvolvimento também, suas políticas e contradições. (SCHINCARIOL, 2013).

Enquanto países centrais consomem muito mais do que poderia, não poderíamos produzir sustentabilidade. É um debate muito amplo e complexo que leva em consideração de educação ambiental, parte institucional, conscientização global, entre outros. No Brasil precisaríamos quase o dobro da nossa capacidade para alimentar nossas necessidades energéticas e de consumo em geral, em moldes capitalistas. Em países como China, mesmo com investimentos em produção de energia limpa, Cuba com alternativas energéticas criadas frente ao embargo, Estados Unidos com consumo de cinco planetas e investimentos em energia não renovável, possuímos grandes

discussões a fazer do macro ao micro. A transição energética necessária em nível local, regional e planetária, possibilita a sobrevivência da nossa espécie, o que em certa medida não se realiza a tempo, nesta forma mitigadora lenta.

4. CONSIDERAÇÕES FINAIS

Alguns economistas tratam o desenvolvimento sustentável como um mito, e realmente o é quando observado os desafios de sua aplicação, suas possibilidades. A sustentabilidade fraca, a mais utilizada no dia a dia das relações sociais modernas, permeia grande parte das ações ambientais, inclusive em ONG's, Associações e Instituições educativas, por exemplo. Empresas adaptaram a sustentabilidade, conceituada como economia verde, como uma atividade lucrativa e benéfica para a imagem de negócios. Mesmo assim, caminha um amadurecimento a inter-relação em natureza e produção na análise econômica. Apesar de algumas escolas de pensamento econômico não incorporarem de imediato o problema valorativo da escassez futura e os impactos ao meio ambiente na atividade humana, houve algumas mudanças após o Choque do Petróleo.

No Brasil, houve um crescente crescimento do debate acerca da sustentabilidade nas últimas décadas, sobretudo na Eco 92, realizada no Rio de Janeiro. Elementos como conexão com o meio ambiente, crescimento econômico, e distribuição de rendimentos, introduziram esta pauta na ordem do dia. Sabendo do potencial brasileiro para tal, por possuírem a maior biodiversidade do mundo, também a maior reserva de água doce do mundo, umas das maiores populações do mundo, uma matriz energética das mais limpa da humanidade, produtora de grãos e minerais, porém subdesenvolvida, mas grande emissora de carbono, baixa produtividade das terras, grandes taxas de impactos ambientais, mercado concentrado em bens de luxo, ainda sim, possui muitos entraves para uma suposta adequação ambiental e longe de alcançar a sustentabilidade (SCHINCARIOL, 2013).

Assim, novas perspectivas entraram em vigor. A economia brasileira se conectaria a questões como desenvolvimento, sustentabilidade, e distribuição, ocupando novo lugar na agenda nacional dos pesquisadores sociais e áreas correlatadas. Sobretudo parte da economia ecológica faz este debate com profundidade e complexidade. Podemos destacar nesta proposta os estudos realizados de Georgescu-

Roegen, Herman Daly, James O’Connor, Jonh Bellamy Foster, Ignacy Sachs, entre outros. Um grande passo para se enxergar e prever um desastre planetário, não menos importante que a exploração do homem pelo próprio homem ou quaisquer outras contradições realizadas pelo avanço humano na produção de sua própria vida. Sustentabilidade forte, do qual estamos quase que distantes de alcançar, na sociedade moderna, também é um dos elementos chaves para a compreensão da economia ecológica (CAVALCANTI, 2010).

Nesta perspectiva, economista precisa estar preparados para o novo debate necessários sobre a produção da vida material e seus impactos frente a biosfera. Assim a opinião dos ambientalistas neste processo também é muito importante, mas bastante avessa não somente ao Keynesianismo, mas a todas as correntes que desconsideram os fluxos de energia realizados pela produção, distribuição e consumo de mercadorias na sociedade moderna. Nosso espaço físico planetário é limitado, as fontes de energia são exauríveis, e nossa capacidade de para dirimir dejetos nos impõe um limite maior. Alguns pontos são importantes para que consigamos metas fundamentais, podemos citar o abandono da produção bélica, abandono dos produtos de luxo, redução da população a ponto de poder alimentar-se com produtos orgânicos, abandono do uso de produtos eletrônicos sem função social, destruição do conceito de “moda”, produção de bens duráveis e de longo uso ou reparáveis, controle do uso da energia. Todas estas problemáticas devem ser debatidas também por economistas (SCHINCARIOL, 2013).

Desta forma, estamos frente a uma problemática não tão disseminada por economista em geral. Economistas ortodoxos tende a fazer análises diferentes de uma proposta sustentável de profundidade, e economista heterodoxos desenvolver teses macroeconômicas sem levar a amplitude do debate ambiental. A economia ecológica é um proposta de uma nova forma de observar e analisar as relações de trocas materiais, mas também de concepção profunda de entendimento sobre o sistema natural, tão importante para economistas preocupados com uma teoria de análise da totalidade.

Definimos então a economia ecológica como ponto de partida para a compressão das relações econômicas no capitalismo após o choque do petróleo na década de 1970. Para tanto, a economia se adequou a transitou para uma nova forma holística na compressão do todo global partido de observações da biofísica, em especial da termodinâmica. Também se tem que mesmo com seus fundamentos fora da



economia convencional se propôs a dialogar com as diversas correntes existentes, correntes essas econômicas, na construção de um pensamento Transdisciplinar.

A economia ecológica no Brasil é diferenciada, pois a natureza é diversa e seus biomas complexos e exuberantes de forma peculiar. A economia brasileira que por um longo período foi agroexportador nos remete a uma análise crítica, e serve de base para a economia ecológica mais robusta, sobretudo em relação aos países desenvolvidos. Também destaca as questões energética como uma das grandes preocupações da sociedade moderna, tanto no Brasil como no mundo. Desenvolve fortemente o conceito de sustentabilidade com preocupação com as gerações futuras, mesmo havendo limites para tal. Explicita a importância do ferramental teórico de ampla conexão. Enfim, a economia ecológica tornasse uma corrente em expansão no Brasil e no mundo. Traz questões e norte para uma nova análise da realidade que encontra na natureza o grande movimento para se analisar a produção e consumo, desenvolvimento econômico e meio ambiente.

AGRADECIMENTOS

Agradeço ao professor Adriano de Amarante por me estimular a fazer este debate inicial.

REFERÊNCIAS

- BARRETO, Eduardo Sá. O capital na estufa: para a crítica da economia das mudanças climática. Coleção NIEP. 2018. 226 p.
- CAVALCANTI, Clóvis. Concepções da economia ecológica: suas relações com a economia dominante e a economia ambiental. *Estudos Avançados*, v. 24, n. 68, p. 53-67, 2010.
- DALY, Herman; FARLEY, Joshua. *Economia Ecológica: princípios e aplicações*. Lisboa: Instituto Piaget, 2004. 530 p.
- SCHINCARIOL, Vitor Eduardo. *Acumulação de Capital e Economia Ecológica*. LCTE editora. São Paulo: 2013. 130 p.
- EMPRESA DE PESQUISA ENERGÉTICA. Dados estatísticos. Disponível em: <<https://www.epe.gov.br/>>. Acesso em: 03. agosto.2022.
- ENGELS, Friedrich. *Dialética da Natureza*. Boitempo. São Paulo: 2020. 398 p.



FARLEY, Joshua; KISH, Kaitlin. Ecological economics: the next 30 years. *Ecological Economics*, p. 2-10. dez. 2021.

FOSTER, Jonh Bellamy. *A ecologia de Marx – Materialismo e Natureza. Civilização brasileira*. Rio de Janeiro: 2014. 418 p.

GEORGESCU-ROEGEN, Nicholas. *O Descrescimento: entropia, ecologia, economia*. São Paulo: Editora Senac, 2012. 258 p.

International Society for Ecological Economics. Welcome to the International Society for Ecological Economics. Disponível em: <<https://www.isecoeco.org/>>. Acesso em: 03.jan.2023.

MOTTA, Ronaldo Seroa. *Economia Ambiental*. Editora FGV. Rio de Janeiro. 228 p.

O'NEILL, Dan. What is Ecological Economics?. Disponível em: <https://www.youtube.com/watch?v=vUF7s4Bp_ok>. Acesso em: 10.dez.2022.

SAITO, Kohei. *O ecossocialismo de Karl Marx*. Boitempo. São Paulo: 2021. 350 p.

A TRANSIÇÃO AGROECOLÓGICA DO MANEJO DE PRAGAS EM HORTALIÇAS: UMA REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

THE AGROECOLOGICAL TRANSITION OF PEST MANAGEMENT IN VEGETABLES: A BIBLIOGRAPHIC REVIEW

DOI: 10.51859/ampla.mas3200-16

Ana Karoline Bento Maia ¹
Irineu Ferreira da Silva Neto ²
Estelita Lima Cândido ³
Francisco Roberto de Azevedo ⁴
Cláudia Araújo Marco ⁵

¹Engenheira Agrônoma, Mestranda em Desenvolvimento Regional Sustentável na Universidade Federal do Cariri.

²Farmacêutico, Mestrando em Desenvolvimento Regional Sustentável na Universidade Federal do Cariri. Especialista em Farmácia Clínica e Hospitalar pela Faculdade Futura.

³Professora Adjunta da Faculdade de Medicina da Universidade Federal do Cariri – UFCA. Docente permanente dos programas de Pós-graduação: Mestrado Profissional em Saúde da Família da Rede Nordeste de Formação em Saúde da Família – RENASF; Desenvolvimento Regional Sustentável – UFCA e Ciências da Saúde – UFCA.

⁴Professor titular da Universidade Federal do Cariri – UFCA. Docente dos programas de Pós-graduação: Desenvolvimento Regional Sustentável – UFCA e Ciências da Saúde – UFCA.

⁵Professora titular da Universidade Federal do Cariri – UFCA. Docente no curso de Agronomia.

RESUMO

A expansão da área cultivada foi durante muito tempo o único indicador de crescimento da produção agrícola no Brasil, vindo posteriormente, a partir dos anos 1960, o advento da “Revolução Verde”, que incrementou o uso de maquinários, adubos, agrotóxicos e sementes modificadas, modernizando as bases produtivas brasileiras, aumentando a produtividade. A produção de hortaliças tem se destacado no uso intensivo deste pacote tecnológico, principalmente quanto ao emprego de agrotóxicos. Em contrapartida, há uma tendência de mercado por alimentos saudáveis, de origem sustentável. Para isso, vem sendo desenvolvido um processo de transição agroecológica, a partir de distintas realidades e concepções teóricas por todo o território, com o intuito de subsidiar o desafio de produzir alimentos livres dos resíduos de agrotóxicos. Demanda-se, conseqüentemente, a elaboração de indicadores de sustentabilidade para auxiliar neste percurso de transição, a fim

de aprimorar o manejo das cadeias produtivas, contribuições internacionais, que vem sendo amplamente utilizadas, tais como o MESMIS e a literatura nacional que também tem avançado nesta questão. O manejo agroecológico de pragas somado a um conjunto de práticas e técnicas agrônômicas que vem sendo desenvolvidas no âmbito rural, configura uma importante ferramenta para a produção sustentável de alimentos, podendo colaborar positivamente nos indicadores de sustentabilidade.

Palavras-chave: Agroecologia. Horticultura. Desenvolvimento Regional Sustentável.

ABSTRACT

The expansion of the cultivated area was for a long time the only indicator of growth in agricultural production in Brazil, with the advent of the “Green Revolution” starting in the 1960’s, that increased the use of machinery, fertilizers, pesticides and modified seeds, modernizing the

Brazilian productive bases, increasing productivity. The production of vegetables has excelled in the intensive use of this technological package, mainly with regard to the use of pesticides, on the other hand, there is a market trend towards healthy foods, of sustainable origin. For this, an agroecological transition process was being developed, from different realities and theoretical conceptions throughout the territory, with the intention of subsidizing the challenge of producing food free of pesticide residues. Consequently, the creation of sustainability indicators was demanded to help in this transition path, in order to improve the

management of production chains, international contributions that have been widely used, such as the MESMIS, and the national literature that has also advanced in this matter. The agroecological management of pests, added to a set of practices and agronomic techniques that have been developed in the countryside, constitutes an important tool for the sustainable production of food, and can positively collaborate in the sustainability indicators.

Keywords: Agroecology. Horticulture. Sustainable Regional Development.

1. INTRODUÇÃO

A expansão da área cultivada foi, durante muito tempo, o único indicador de crescimento da produção agrícola no Brasil, vindo posteriormente, a partir dos anos 1960, o advento da “Revolução Verde” que incrementou o uso de maquinários, adubos, agrotóxicos e sementes modificadas, o famoso pacote tecnológico da agricultura, fator que a partir desse momento passou a ser de importância para o aumento da produção, modernizando as bases produtivas brasileiras, ainda que a estrutura fundiária fosse mantida.

O Brasil, sobretudo o Nordeste, possui diferentes condições edafoclimáticas favoráveis à produção de grande diversidade de hortaliças durante o ano todo, desde que atendam às exigências climáticas de cada espécie e cultivar. O mercado de hortaliças é um dos menos desenvolvidos no Brasil, pela inconstância de um suprimento regular de produtos de qualidade e as perdas inerentes aos processos de comercialização. Poucos produtores destinam seus produtos ao mercado externo, principalmente pelas limitações de volume, por isso, a maior parte das hortaliças é destinada ao mercado interno. Entretanto, a tendência de mercado por alimentos saudáveis, de origem de produção sustentável, além do apelo social já era experimentada em algumas iniciativas, e que tende a crescer, com comunicação mais digital, agregando consigo a metodologia de comércio justo (BRAINER, 2021).

Para acompanhar a necessidade de produção de alimentos saudáveis foi desenvolvido o processo de transição agroecológica, que de acordo com a Embrapa (2013) representa a mudança das bases da produção, com adoção de práticas que visam à conservação

dos recursos naturais e ao bem-estar da população. No Marco Referencial em Agroecologia, documento publicado pela Embrapa, são listados três passos da transição que ocorrem dentro das propriedades: 1. Redução e a racionalização do uso de agrotóxicos e fertilizantes sintéticos; 2. Substituição dos insumos químicos por outros de origem biológica; 3. Manejo da biodiversidade e redesenho dos sistemas produtivos.

Portanto, o objetivo deste estudo foi realizar um levantamento de publicações científicas acerca da transição agroecológica e o manejo de pragas em hortaliças no Brasil nos últimos dez anos, no intuito de analisar o conhecimento produzido sobre manejo ecológico de pragas frente à realidade do uso ainda abusivo de agrotóxicos na horticultura e sua contribuição para o desenvolvimento sustentável, abrangendo a totalidade de suas dimensões (social, ambiental, econômica, cultural, territorial e política).

2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

2.1. O USO DE AGROTÓXICOS NO BRASIL

No Brasil é muito frequente o uso de agrotóxicos para o controle de pragas nas lavouras. No entanto, o uso dessas substâncias traz muitos malefícios para os aplicadores e, principalmente, para a população que, por consequência, consome alimentos com resíduos químicos. Os agrotóxicos são produtos químicos sintéticos usados para controlar pragas agrícolas e urbanas, além de insetos de importância médica e veterinária, sob a justificativa de controlar as doenças provocadas por esses vetores e de regular o crescimento da vegetação, tanto no ambiente rural quanto urbano (SILVA et al., 2022).

A mecanização e o uso de herbicidas advindas do pacote tecnológico da Revolução Verde, permitiram o cultivo de áreas extensas e, apesar do uso bastante generalizado de agrotóxicos, as pragas e doenças aumentaram assustadoramente. Enquanto em 1956, somente 193 pragas eram conhecidas no Brasil, em 1976 já eram 592, em parte pela decadência dos solos, ou pelas variedades altamente produtivas, mas pouco resistentes; pelas pragas importadas e pelos insetos que se tornavam resistentes e outros, cujos “inimigos naturais” foram mortos pelos agrotóxicos, além das pragas que foram surgindo com a implantação das monoculturas (PRIMAVESI, 2016).



Embora a aplicação dos agrotóxicos aumente a produtividade agrícola, o seu uso intensivo, frequentemente, gera um conjunto de externalidades negativas, bastante documentadas na literatura especializada. Impactos sobre seres humanos vão desde simples náuseas, dores de cabeça e irritações na pele até problemas crônicos, como diabetes, malformações congênitas e vários tipos de câncer. Impactos ambientais também são vários, incluindo contaminação da água, plantas e solo, diminuição no número de organismos vivos não alvos, e aumento da resistência das pragas (MORAES, 2019).

Estudo realizado pela Agência Nacional de Vigilância Sanitária (Anvisa) indicou que um terço dos alimentos consumidos, cotidianamente, pelos brasileiros contém algum nível de contaminação por agrotóxicos. Esses problemas enfatizam a necessidade da ampliação de estudos sobre técnicas de produção sustentável, que estimulem o uso mais racional destes produtos (EMBRAPA, 2018).

Os trabalhadores que permanecem na área cultivada durante a aplicação dos produtos são diretamente expostos. Além da exposição ocupacional, há a exposição da população que consome alimentos com resíduos destes agrotóxicos e dos que vivem no entorno das plantações. O consumo de hortaliças com agrotóxicos é um grave problema de saúde pública, pois tanto são utilizados produtos não autorizados, como também, conforme relatos de alguns agricultores, não é observado o período de carência que é o período entre a última aplicação e a colheita do produto para venda. Se incluídas no Programa de Análise de Resíduos de Agrotóxicos da Anvisa, provavelmente, estas hortaliças estariam impróprias para o consumo humano. Uma vez que parte destes agricultores depende de poços subterrâneos para o fornecimento de água, tanto para a lavoura, quanto para abastecimento das casas, existe a possibilidade de carreamento destas substâncias para os mananciais de água (PREZA; AUGUSTO, 2012).

A regulação de agrotóxicos, assim como as de vários outros produtos e serviços, não é um processo politicamente neutro. Regulações adotadas por governos não resultam apenas da influência de normas e conhecimento científico, mas também do poder relativo de grupos que ganham e que perdem com a regulação. A concepção de que existe algum tipo de regulação imparcial, proposta por comissões de experts e implementada por burocratas politicamente neutros é, portanto, ilusória (MORAES, 2019).



Em apenas uma semana, o Ministério da Agricultura liberou mais 42 agrotóxicos, chegando ao total de 405 novos registros, só em 2020. Entre 2019 e 2022, cerca de dois mil novos agrotóxicos foram aprovados para comercialização no Brasil, atualizado pelo Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento – MAPA (ABRASCO, 2020; FIOCRUZ, 2023).

Existe ainda, em tramitação no Senado, o Projeto de Lei Nº 6.299/2022 que, dentre algumas alterações na lei, propõe a mudança do nome “agrotóxicos” para “defensivos fitossanitários” e a exclusão dos órgãos responsáveis por avaliar os impactos sobre a saúde e o meio ambiente (Anvisa e IBAMA) da avaliação e do processo de registro dos agrotóxicos no Brasil. Sugere, ainda, no âmbito das doenças crônicas não transmissíveis e do câncer, que seja feita a “análise de riscos” dos agrotóxicos ao invés da “identificação do perigo”, que sempre foi usada no Brasil e é, atualmente, indicada pelos países da União Europeia como o ideal para o registro de agrotóxicos (INCA, 2018).

Conforme Barros et al. (2021), embora o agronegócio exerça forte força política no legislativo Brasileiro, objetivando beneficiar os envolvidos neste setor, é preciso que as autoridades responsáveis pela entrada e permanência desses produtos no país levem em consideração os dados sobre os riscos de carcinogenicidade de alguns destes produtos, tornando possível a reavaliação dos mesmos, bem como informar à população, de forma clara e rotineira, não somente os “benefícios” associados à produção agrícola, mas também todos os danos que são capazes de causar ao homem e ao ambiente.

Com isso, também existem iniciativas governamentais, tais como o Programa Nacional de Redução de Agrotóxicos – Pronara, elaborado pela Comissão Nacional de Agroecologia e Produção Orgânica, de forma a orientar e organizar diferentes iniciativas do governo visando desencadear a construção de mecanismos: de restrição ao uso, produção e comercialização de agrotóxicos no país, com especial atenção para aqueles com alto grau de toxicidade e ecotoxicidade; de incentivo à redução do uso dos agrotóxicos pela conversão para sistemas de produção como os orgânicos e de base agroecológica; e de educação em torno da temática agrotóxicos de forma a conscientizar a população dos problemas advindos do seu uso, bem como, as alternativas existentes para o seu enfrentamento (CNAPO, 2014).



2.2. 2.2 REMODELAGEM DA PRODUÇÃO PARA A DEMANDA DE ALIMENTOS SAUDÁVEIS

Reverter o atual quadro de utilização de agrotóxicos parece não ser uma tarefa muito fácil, uma vez que a concepção técnica de intervir no agroecossistema é baseada na Lei do Mínimo, de Justus von Liebig (1840): o máximo de produção depende do fator de crescimento que se encontrar à disposição da planta em menor quantidade. Esta teoria foi formulada para a nutrição mineral de plantas, porém o seu princípio influenciou marcadamente a forma de atuação agrônômica, ou seja, a produção sempre está limitada por determinado fator que deve ser corrigido isoladamente (GONÇALVES; BOFF, 2002).

O desenvolvimento de modelos de produção agrícola de base ecológica tornou-se necessário para suprir a necessidade crescente de alimentos livres de resíduos tóxicos e, ao mesmo tempo, respeitar os preceitos da sustentabilidade, da conservação do meio ambiente e do bem-estar do ser humano. A produção orgânica e agroecológica de hortaliças se enquadra neste contexto, e no Brasil, cada vez mais, vem conquistando simpatizantes tanto na agricultura familiar como no seguimento empresarial formado por médios e grandes produtores rurais. Também é preconizada por políticas públicas direcionadas a hortas urbanas e periurbanas (MICHEREFF FILHO *et al.*, 2013).

A transição agroecológica, portanto, é um processo multilinear, social e ecologicamente determinado, que não poderá ter um fim, uma vez que as formas de manejo e as formas organizativas serão dinâmicas ao longo do tempo. Logo, a transição tem que ser entendida com um processo permanente que, inclusive, vai continuar de geração em geração, com as adaptações e redesenhos que se fizerem necessários em cada momento. Por isso mesmo, no campo da produção agropecuária, a transição agroecológica se diferencia da conversão para a agricultura orgânica, já que esta última supõe um tempo definido, muitas vezes estabelecido em normativas legais (CAPORAL, 2020).

Em um ambiente em equilíbrio, as plantas convivem com as pragas e doenças de forma harmoniosa, sem causar danos à produção de frutos e folhas. Nestes casos, as pragas não aumentam sua população, pois o ambiente não favorece o aumento. As plantas estão bem adaptadas ao lugar que estão vivendo, existe quantidade e qualidade de nutrientes suficientes no solo. Este está com ambulância de vida, apresenta boas



condições de umidade, há incidência de luz no sistema e presença de inimigos naturais das pragas e fitopatógenos (ZANUNCIO JUNIOR *et al.*, 2013).

2.3. MANEJO ECOLÓGICO DE PRAGAS – MEP

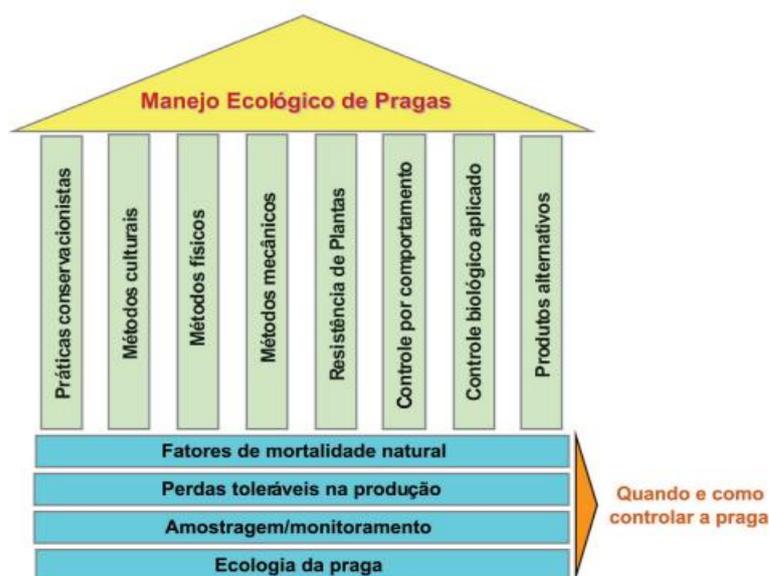
Esse sistema utiliza, ao mesmo tempo, várias formas de controle, sem a necessidade de eliminar os insetos-pragas, mas simplesmente mantê-los em determinados níveis de equilíbrio populacional e sem causar risco à saúde, às culturas e ao lucro do agricultor. As pragas podem ser consideradas como parte do sistema ecológico em que a cultura se encaixa e, portanto, não deve alterar o balanço ecológico para que novas pragas não venham a ocorrer. O reconhecimento dos insetos-pragas e seus inimigos naturais, bem como, o monitoramento permanente das lavouras, não podem ser dispensados no manejo ecológico de insetos-pragas (ARAUJO; YADA, 2018).

É importante ressaltar que a diversificação por si só não é garantia de provisão do serviço de controle. Isso demanda o conhecimento das interações ecológicas entre inimigos naturais, presas, recursos suplementares e alternativos, habitats e práticas culturais. A aplicação desse conhecimento poderá minimizar a ocorrência de interações negativas, como competição e predação intraguilida, ao mesmo tempo em que interações positivas, como uso complementar de recursos, serão favorecidas. Portanto, as estratégias para favorecimento e atuação da agrobiodiversidade na lavoura dependem de uma diversificação funcional, onde interações-chave podem ser manipuladas para favorecer o controle das pragas (VENZON *et al.*, 2019).

O MEP consiste na adoção do manejo integrado de pragas dentro do enfoque agroecológico (Figura 1). Neste busca-se aplicar o princípio da prevenção, recuperando a fertilidade natural do solo e fortalecendo as plantas por meio do restabelecimento do equilíbrio ecológico no agroecossistema. Isto pode ser alcançado pela reintrodução planejada da biodiversidade na propriedade e pelo manejo racional do solo nas áreas cultivadas. A implementação do MEP depende das seguintes ações: (1) reconhecer as pragas e suas injúrias, (2) reconhecer os inimigos naturais das pragas, (3) vistoriar periodicamente o cultivo e (4) selecionar e adotar de forma planejada os métodos de controle (MICHHEREFF FILHO *et al.*, 2013).



Figura 1. Bases e estrutura do manejo ecológico de pragas (MEP). Adaptado de Gonzales (1971).



Fonte: MICHEREFF FILHO *et al.*, 2013

Primavesi (2016) ainda reforça que o simples combate com um ou outro método não resolve a questão dos insetos-praga. Portanto, propaga-se o combate integrado (manejo integrado de pragas, ou manejo ecológico de pragas). Ele inclui: Variedades resistentes; rotação de culturas; alternância da época de plantio; adubação orgânica; cobertura morta; combate mecânico, físico, biológico. A prevenção ou controle ecológico visa: 1. Equilibrar e diversificar a vida no solo e os grupos funcionais por meio da diversificação de culturas; 2. Aumentar a resistência vegetal por uma nutrição mais equilibrada; 3. Fortalecer o sistema radicular das plantas, pela nutrição vegetal, mantendo o solo mais permeável e equilibrado; 4. Manter o solo permeável continuamente com cobertura viva ou morta, para evitar seu aquecimento e ressecamento superficial.

2.4. A AGROECOLOGIA E O DESENVOLVIMENTO REGIONAL SUSTENTÁVEL: INDICADORES E OBJETIVOS DO DESENVOLVIMENTO SUSTENTÁVEL

De acordo com a Embrapa (2006), o termo Agroecologia foi assim cunhado para demarcar um novo foco de necessidades humanas, qual seja, o de orientar a agricultura à sustentabilidade, no seu sentido multidimensional. Num sentido mais amplo, ela se concretiza quando, simultaneamente, cumpre com os ditames da sustentabilidade econômica (potencial de renda e trabalho, acesso ao mercado), ecológica (manutenção

ou melhoria da qualidade dos recursos naturais e das relações ecológicas de cada ecossistema), social (inclusão das populações mais pobres e segurança alimentar), cultural (respeito às culturas tradicionais), políticas (organização para a mudança e participação nas decisões) e ética (valores morais transcendentais). Destacando que o caráter local é que dará a feição concreta dos seus princípios e práticas. Sem esta consideração, o conceito de Agroecologia fica desprovido de sentido. É a realidade socioeconômica e ecológica local que define a melhor forma de aplicação da teoria, exigindo ajustes finos a cada situação.

Os indicadores de sustentabilidade são importantes instrumentos de avaliação da sustentabilidade, quer isolados ou combinados e condensados em forma de índices quer ainda utilizados de forma estruturada, através dos modelos de avaliação de sustentabilidade. Como base dos estudos de sustentabilidade, os indicadores são ferramentas indispensáveis na avaliação de agroecossistemas e possuem importância fundamental no uso do método MESMIS, elaborado por Omar Masera na Universidade Autônoma do México – UNAM, sendo um amplamente utilizado em diversas partes do mundo. Enquanto no Brasil, elaborações de indicadores têm sido desenvolvidas por instituições governamentais e não-governamentais aplicadas em forma de pesquisa científica (COSTA, 2010; VERONA, 2010).

Dentre os exemplos nacionais, o sistema denominado Indicadores de Sustentabilidade em Agroecossistemas (ISA), elaborado e implementado pela Empresa de Assistência Técnica e Extensão Rural - EMATER de Minas Gerais, é composto por um conjunto de 23 indicadores que abrangem os balanços econômico e social, o gerenciamento do estabelecimento, a qualidade do solo e da água, o manejo dos sistemas de produção e a diversificação da paisagem, bem como o estado de conservação da vegetação nativa. Valores no intervalo de 0 a 1 são gerados para cada indicador. Considera-se 0,7 o valor de referência para um bom desempenho ambiental, social ou econômico. A média aritmética simples dos 23 indicadores de sustentabilidade resulta em um índice final do estabelecimento avaliado (FERREIRA *et al.*, 2012).

Na literatura nacional selecionada por Silva *et al.* (2016) foram identificados 103 indicadores de sustentabilidade, aplicados ao contexto da agricultura familiar, organizados nas dimensões social, ambiental e econômica, em 33 categorias, sendo: (I) para a dimensão social a mão de obra, educação, saneamento básico esgoto,



saneamento básico lixo, saúde, moradia, meios de comunicação, lazer, transporte, energia elétrica, seguridade social, participação institucional, assistência técnica, sucessão e legalidade do sistema de produção; (II) para a dimensão ambiental a água, manejo de agrotóxicos, irrigação, estado do solo, áreas de preservação, experiência no campo, manejo do solo, práticas ecológicas, formas de plantio, área agrícola e riscos à produção; e (III) para a dimensão econômica os controles financeiros, crédito, renda não agrícola, valor agregado aos produtos, comércio, diversidade de produção e infraestrutura.

Conforme a Organização das Nações Unidas (2016) apontou, os ODS são um apelo global à ação para acabar com a pobreza, proteger o meio ambiente e o clima e garantir mais qualidade de vida à população. Dentre os 17 objetivos para os quais a ONU está contribuindo a fim de que se possa atingir a Agenda 2030 no Brasil, destaca-se o objetivo 12, que prima por “Assegurar padrões de produção e de consumo sustentáveis”, destacando as metas 12.2, que objetiva até 2030, alcançar gestão sustentável e uso eficiente dos recursos naturais e; 12.4, até 2020, alcançar o manejo ambientalmente adequado dos produtos químicos e de todos os resíduos, ao longo de todo o ciclo de vida destes, de acordo com os marcos internacionalmente acordados e reduzir significativamente a liberação destes para o ar, água e solo, para minimizar seus impactos negativos sobre a saúde humana e o meio ambiente. Tais objetivos estão diretamente ligados aos padrões de produção agropecuários do Brasil e o uso intensivo de agrotóxicos.

3. CONSIDERAÇÕES FINAIS

Embora existam iniciativas de preocupação em nível nacional e mundial com os rumos da agricultura e seus modelos de produção, aqui no Brasil a liberação de novos produtos e o aumento do uso de agrotóxicos é abusiva.

O manejo agroecológico de pragas, somado a um conjunto de práticas e técnicas agronômicas que vem sendo desenvolvidas no âmbito rural, configura uma importante ferramenta para a produção sustentável de alimentos, podendo colaborar positivamente nos indicadores de sustentabilidade, pois contemplam a redução considerável de custos com insumos externos, minimizam os impactos ambientais e garantem a conservação dos recursos necessários para a manutenção da vida (solo,

água, ar, vida animal e vegetal). Além disso, possibilitam melhoria na qualidade de vida tanto das populações que trabalham diretamente no campo, quanto dos consumidores finais da produção que é comercializada no meio urbano.

Com esses avanços, pode-se estabelecer um incremento na promoção do Desenvolvimento Regional Sustentável, embasado no ODS relativo à temática de padrões de produção e consumo sustentáveis.

REFERÊNCIAS

- ABRASCO, Associação Brasileira de Saúde Coletiva. **Abrasco na Imprensa: 405 novos agrotóxicos em 2020**. 30 de novembro de 2020. Disponível em: <https://www.abrasco.org.br/site/noticias/abrasco-na-imprensa-405-novos-agrotoxicos-em-2020/54564/>. Acesso em: 18 mai. 2023.
- ARAUJO, M. V. F; YADA, M. M. **Manejo ecológico de pragas e doenças em plantas - Ecological management of pests**. V Simpósio de Tecnologia – Faculdade de Tecnologia de Taquaritinga – FATEC – São Paulo – Brasil, 2018.
- BARROS, FRANCISCO B.; LEANDRO, CÍCERO S.; SANTOS, JOÃO R. P.; AZEVEDO, FRANCISCO R.; CANDIDO, ESTELITA L. Agrotóxicos comercializados no Brasil com potencial carcinogênico para humanos: Pesquisa documental. **Revista Saúde (Sta. Maria)**. 2021; 47.
- BRAINER, M. S. de C. P. **Produção de hortaliças na área de atuação do BNB**. Caderno Setorial do Escritório Técnico de Estudos Econômicos do Nordeste - ETENE, 2021.
- CAPORAL, F. R.; Transição agroecológica e o papel da extensão rural. **Extensão Rural**, DEAER – CCR – UFSM, Santa Maria, v.27, n.3, jul./set. 2020.
- CNAPO, Comissão Nacional de Agroecologia e Produção Orgânica. Proposta Pronara – **Programa Nacional de Redução de Agrotóxicos Desenvolvido pelo GT Agrotóxicos/CNAPO**. Plano Nacional de Agroecologia e Produção Orgânica. Brasília, 2014.
- COSTA, A. A. V. M. R. Agricultura Sustentável III: Indicadores. **Revista de Ciências Agrárias**, p. 90-105. v. 33, n. 02, 2010.
- Embrapa. **Visão 2030: o futuro da agricultura brasileira**. – Brasília, DF: Embrapa, 2018. 212 p.
- EMBRAPA, Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária. **Transição agroecológica busca sustentabilidade dos sistemas de produção**. Circular Técnica. Março de 2013.



- FERREIRA, J. M. L.; VIANA, J. H. M.; COSTA, A. M.; SOUSA, D. V. de; FONTES, A. A. Indicadores de sustentabilidade em agroecossistemas. **Informe Agropecuário**, Belo Horizonte, v.33, n.271, p.12-25, nov./dez. 2012.
- FIOCRUZ, Fundação Oswaldo Cruz. **Agrotóxicos: toxicologista fala sobre mudanças na lei, riscos para saúde e meio ambiente**. 01 de março de 2023. Disponível em: <https://portal.fiocruz.br/noticia/agrotoxicos-toxicologista-fala-sobre-mudancas-na-lei-riscos-para-saude-e-meio-ambiente>. Acesso em: 18 mai. 2023.
- GONÇALVEZ, P. A. S.; BOFF, P. Manejo agroecológico de pragas e doenças: Conceitos e definições. **Informativo Técnico, Agropecuária Catarinense**. v.15, n.3, nov. 2002.
- INCA, Instituto Nacional do Câncer, Ministério da Saúde. **Nota pública acerca do posicionamento do Instituto Nacional de Câncer sobre o Projeto de Lei nº 6.299/2002**. Rio de Janeiro, 11 de maio de 2018.
- MICHEREFF FILHO, M; RESENDE, F. V; VIDAL, M. C; GUIMARÃES, J. A; MOURA, A. P; SILVA, P. S; REYES, C. P. **Manejo de pragas em hortaliças durante a transição agroecológica**. Circular Técnica 119. Brasília – DF. ISSN 1415-3033. Março de 2013.
- MORAES, R. F. **Agrotóxicos no Brasil: Padrões de uso, política da regulação e prevenção da captura regulatória**, Texto para Discussão, No. 2506, Instituto de Pesquisa Econômica Aplicada (IPEA), Brasília. 2019.
- ONU, Organização Mundial das Nações Unidas. **Transformando nosso mundo: A agenda 2030 para o Desenvolvimento sustentável**. Tradução: Centro de Informação das Nações Unidas para o Brasil (UNIC Rio). Revisão: Coordenadoria-Geral de Desenvolvimento Sustentável (CGDES) do Ministério das Relações Exteriores do Brasil. Última edição em 11 de fevereiro de 2016.
- PREZA, D. de L. C.; AUGUSTO, L. G. da S. Vulnerabilidade de trabalhadores rurais frente ao uso de agrotóxicos na produção de hortaliças em região do nordeste do Brasil. Dossiê Temático: Trabalho, Saúde e Meio Ambiente na Agricultura: Interações, Impactos e Desafios a Segurança e Saúde do Trabalhador. **Revista Brasileira de Saúde Ocupacional**. v.37, n.125, p. 89-98, junho de 2012.
- PRIMAVESI, A. **Manejo ecológico de pragas e doenças**. – 2.ed. ver.--São Paulo: Expressão Popular, 2016.
- SILVA, B. C. da; BRITO, G. A. C de; VITORIA, N. de A. **Impactos na saúde da população brasileira adulta pela ingestão de agrotóxicos: Revisão sistemática**. 2022. Trabalho de Conclusão de Curso (Bacharelado em Nutrição). Universidade Salvador, Feira de Santana – BA, 2022, 28 p.



VENZON, M.; TOGNI, P. H. B.; CHIGUACHI, J. A. M.; PANTOJA, G. M.; BRITO, E. A. da S.; SUJII, E. R. Agrobiodiversidade como estratégia de manejo de pragas. **Informe Agropecuário**, Belo Horizonte, v. 40. n. 305, p. 21-29, 2019.

VERONA, L. A. F. A real sustentabilidade dos modelos de produção da agricultura: Indicadores de sustentabilidade na agricultura. **Horticultura Brasileira**, v. 28, n. 2 (Suplemento - CD Rom), julho 2010.

ZANUNCIO JR., J. S.; LAZZARINI, A. L.; OLIVEIRA, A. A. de.; Rodrigues, L. A.; , SOUZA, I. I de M.; ANDRIKOPOULOS, F. B.; FORNAZIER, M. J.; COSTA, A. F. da. Manejo agroecológico de pragas: alternativas para uma agricultura sustentável. **Revista Científica Intelletto**. Venda Nova do Imigrante, ES, Brasil v.3, n.3, p. 18-34, 2018.

A IMPORTÂNCIA DA APLICAÇÃO DE MÉTODOS DE PREVISÃO DE DEMANDA NAS INDÚSTRIAS SOB A ÓTICA DO DESENVOLVIMENTO REGIONAL SUSTENTÁVEL: UMA REVISÃO NARRATIVA

THE IMPORTANCE OF THE APPLICATION OF DEMAND FORECASTING METHODS IN THE INDUSTRIES FROM THE PERSPECTIVE OF SUSTAINABLE REGIONAL DEVELOPMENT: A NARRATIVE REVIEW

DOI: 10.51859/amplla.mas3200-17

Thais Aparecida Ribeiro Clementino ¹
Estelita Lima Cândido ²
Paulo Renato Alves Firmino ³

¹ Mestranda em Desenvolvimento Regional Sustentável. Programa de Pós-Graduação em Desenvolvimento Regional Sustentável - UFCA.

² Professora Adjunta da Faculdade de Medicina da Universidade Federal do Cariri - UFCA. Docente permanente dos programas de Pós-graduação: Mestrado Profissional em Saúde da Família da Rede Nordeste de Formação em Saúde da Família - RENASF; Desenvolvimento Regional Sustentável - UFCA; Ciências da Saúde - UFCA.

³ Professor Adjunto da Universidade Federal do Cariri - UFCA. Docente permanente do programa de Pós-graduação em Desenvolvimento Regional Sustentável - UFCA. Doutor em Engenharia de Produção (UFPE).

RESUMO

O desenvolvimento sustentável (DS) parte da premissa de atender às necessidades das gerações atuais sem comprometer as necessidades das gerações futuras, integrando as esferas social, ambiental e econômica como protagonistas para a promoção da qualidade de vida da sociedade, considerando as limitações ambientais para o acesso aos recursos naturais de forma contínua e perpétua. Com o foco nas indústrias, a busca pelo DS se estabelece através do equilíbrio entre a produção e a natureza. Para o alcance desse equilíbrio, se faz necessário a utilização de metodologias e técnicas que auxiliem na melhor gestão e planejamento da produção e dos recursos. Diante disso, este trabalho tem como objetivo elencar o potencial positivo que a modelagem estatística e previsão de demanda podem auxiliar no alcance do DS das indústrias.

Palavras-chave: Desenvolvimento sustentável. Sustentabilidade. Indústrias. Modelagem estatística. Previsão de demanda.

ABSTRACT

Sustainable development (SD) starts from the premise of meeting the needs of current generations without compromising the needs of future generations, integrating the social, environmental and economic spheres as protagonists for the promotion of the quality of life of society, considering the environmental limitations for access to natural resources in a continuous and perpetual way. With the focus on industries, the search for DS is established through the balance between production and nature. To achieve this balance, it is necessary to use methodologies and techniques that assist in the better management and planning of production and resources. Given this, this work aims to list the positive potential that the statistical modeling of demand forecasting can help in achieving the sustainable development of industries.

Keywords: Sustainable development. Sustainability. Industries. Statistical modeling. Demand forecasting.

1. INTRODUÇÃO

Há algumas décadas, o homem julgava que os recursos naturais eram inesgotáveis, podendo-se obter matérias-primas através do meio ambiente e utilizá-lo como depositário de forma contínua (ALVES, 2019). Entretanto, desde a primeira revolução industrial, foi notório a exploração excessiva e insustentável da natureza, principalmente devido aos avanços da indústria e a produção em massa, com o olhar apenas para o crescimento econômico e a lucratividade, o que gerou problemas e crises ambientais, sendo visível e tangível que os recursos eram limitados e finitos. A alteração das condições naturais dos ecossistemas do planeta, graças à constante interferência do homem, gerou e ainda gera desequilíbrios ambientais (SERRÃO, ALMEIDA e CARESTIATO, 2020).

A evolução da indústria ao longo das décadas e a extração desenfreada dos recursos naturais, fizeram com que pessoas e grupos se reunissem e debatessem a respeito do meio ambiente, sua utilização e suas limitações. Através disso surgiu o conceito de desenvolvimento sustentável (DS), definido como uma metodologia que estuda e planeja o caminho mais viável e correto para a utilização dos recursos naturais de forma a não os esgotar no futuro. O DS tem a visão de desenvolver a economia não somente guiada pelo capital, mas também levando em consideração a preservação da natureza e as suas limitações, de maneira a atender as necessidades da geração atual sem comprometer as necessidades das futuras gerações, além de analisar o fator social como preponderante e proporcionar uma melhor qualidade de vida para a sociedade (FEIL e SCHREIBER, 2017; BOFF, 2017). Dessa maneira, toda a sociedade (cidadãos, organizações, estados e nações) possui a responsabilidade e finalidade de buscar pela sustentabilidade e o desenvolvimento.

No contexto industrial e empresarial, a busca pelo DS se estabelece através do equilíbrio entre a produção e a natureza. As empresas, como parte integrante da sociedade, vêm sendo solicitadas a participarem ativamente na promoção do desenvolvimento, atuando não apenas na dimensão econômica, mas também nas esferas social e ambiental. Nesse raciocínio, a busca por um sistema de gestão nas organizações que esteja de acordo com a viabilização do DS promove a utilização



racional dos recursos, a minimização do desperdício e a melhoria na qualidade de vida humana (BARBIERI, 2011).

Com o foco no desenvolvimento regional sustentável, as indústrias exercem um forte papel na economia regional e nos estados onde estão localizadas. Diante de tal realidade, trabalhar com metodologias e ferramentas que auxiliem e permitam a consolidação ou a busca do DS se faz necessária. Através da modelagem estatística de séries temporais, problemas oriundos do planejamento estratégico nas indústrias podem ser solucionados, como por exemplo, o problema da previsão de demanda. Uma vez que o planejamento da produção nas indústrias é responsável por organizar e definir o que, quando e o quanto se vai produzir, ferramentas que otimizem esse processo são relevantes. Além disso, a previsão de demanda está diretamente ligada ao controle de recursos físicos (matéria-prima), capital humano e produtividade/lucratividade, abordando, portanto, o tripé da sustentabilidade (TBL) (ELKINGTON, 2004).

Diante do exposto, este trabalho tem por objetivo elencar e abordar a importância da utilização de métodos de previsão de demanda através de séries temporais nas indústrias sob a ótica do desenvolvimento regional sustentável, com base em uma revisão narrativa da literatura, não utilizando-se de critérios explícitos e sistemáticos de busca.

2. REVISÃO DA LITERATURA

2.1. A IMPORTÂNCIA DO DESENVOLVIMENTO SUSTENTÁVEL

O desenvolvimento sustentável (DS) é conceituado como uma estratégia, a longo prazo, para se atingir a sustentabilidade, visando a melhoria da qualidade de vida da sociedade, integrando os aspectos ambientais, sociais e econômicos, considerando principalmente as limitações ambientais para o acesso aos recursos naturais de forma contínua e perpétua. A sustentabilidade representa o processo de avaliar e mensurar a qualidade de um sistema de forma integrada e indissociável entre as dimensões ambiental e humana, avaliando suas características, de forma quantitativa (indicadores de sustentabilidade) e dinâmica. Assim, o DS é o processo que garante a aproximação entre o sistema ambiental e humano ao nível da sustentabilidade, através de metodologias práticas, trabalhando também a conscientização da sociedade perante



suas atitudes e ações em direção ao desenvolvimento e o sustentável (FEIL e SCHREIBER, 2017).

Boff (2017) conceitua o desenvolvimento sustentável como o conjunto de processos e metodologias que tem como objetivo manter a integridade e vitalidade da natureza, de maneira a atender as necessidades das gerações atuais sem comprometer as gerações futuras. Nessa perspectiva, percebe-se o quão holístico o DS é, de maneira que toda a sociedade participa e possui responsabilidades para se atingir a sustentabilidade. A conscientização e reflexão está gradativamente se expandindo em toda a sociedade, que anseia e acredita em um futuro melhor. Ao mesmo tempo em que se constrói continuamente esta consciência cidadã, as organizações corporativas também seguem o mesmo raciocínio de responsabilidade da prosperidade econômica, conservação ambiental e justiça social (COSTA e FERREZIN, 2021).

É sabido que desde a revolução industrial, com a substituição do artesanato pela produção sistematizada e em massa, houve a extração contínua dos recursos naturais para fabricação de bens de consumo. Desse modo, no contexto da sociedade contemporânea, ao mesmo tempo em que a produção industrial é essencial para os produtos de consumo humano, os limites ambientais da natureza precisam ser respeitados. A ideia simplista de que apenas o capital sustenta a sociedade perde espaço para uma nova configuração de pensamento visando o desenvolvimento como um novo processo de transformação (SERRÃO, ALMEIDA e CARESTIATO, 2020).

O debate sobre desenvolvimento e sustentabilidade é de certa forma, recente. Com a revolução industrial, os impactos negativos causados ao meio ambiente somados às mudanças climáticas e a crise social e ambiental foram gradativamente chamando a atenção da sociedade e a partir disso, pessoas começaram a se organizar para refletir e debater acerca dos limites de extração e utilização dos recursos naturais. A Conferência de Estocolmo, em 1972, foi o primeiro grande encontro das nações para discutir questões ambientais e o desenvolvimento. Foi em tal reunião que houve a criação das secretarias, agências e ministérios do meio ambiente. Posteriormente, passados dez anos, em 1982 houve a criação do Programa das Nações Unidas para o Meio Ambiente (PNUMA), o que estimulou diversas atividades e programas voltados para o meio ambiente e a sua preservação (SERRÃO, ALMEIDA e CARESTIATO, 2020; SACHS, 2002).



Com o relatório “Nosso Futuro Comum” ou “Relatório Brundtland”, criado em 1987, este documento criou o conceito de desenvolvimento sustentável e trouxe consigo reflexões sobre mudanças no modo de vidas das pessoas, com o intuito de evitar as desigualdades sociais e a degradação ambiental. Em tal relatório, é enfatizado que o desenvolvimento sustentável tem como foco principal atender as necessidades humanas, de modo que essas “necessidades” sejam atendidas de forma igualitária, em que todas as pessoas tenham as mesmas oportunidades. O desenvolvimento sustentável, portanto, tem como fim a harmonia entre a distribuição e exploração dos recursos, a direção dos investimentos nos países e na sociedade e a melhor orientação do desenvolvimento tecnológico, a fim de atender às necessidades e aspirações humanas, sem comprometer as gerações futuras (BRUNDTLAND, 1991).

Outros momentos importantes relacionados a questões ambientais foram realizados e pode-se citar as conferências Rio-92, Rio+5, Rio+10 e Rio+20 como relevantes nesse processo gradual da busca por medidas e metodologias que visassem a preocupação com os recursos naturais e a conservação do meio ambiente. Um dos resultados mais importantes oriundos de tais eventos foi a criação da Agenda 21 e a Carta do Rio de Janeiro. A Agenda 21 Global, foi um documento de 40 capítulos, que tem como finalidade promover, em escala global, um novo padrão de desenvolvimento, denominado então de “desenvolvimento sustentável”. É um programa de ação com uma metodologia de criar sociedades sustentáveis, visando a proteção ambiental, justiça social e eficiência econômica (BRASIL, 2023). Na Carta do Rio de Janeiro, ficou claro e evidente que todos os Estados e indivíduos devem buscar a conservação, proteção e integridade dos ecossistemas terrestres. Tal documento contribuiu para o comprometimento dos países para a busca do desenvolvimento sustentável (BOFF, 2017).

Sachs (2002) complementa que para o alcance do desenvolvimento sustentável é necessário que haja uma abordagem holística e interdisciplinar para o melhor uso e aproveitamento dos recursos naturais, na busca de melhores alternativas para preservar e manter a biodiversidade planetária. Ele afirma que no atual contexto da sociedade, para alcançar o desenvolvimento e a sustentabilidade não se faz necessário retroceder aos modos primitivos de vida, e sim haver a transformação e compartilhamento de



conhecimento das pessoas dos diversos ecossistemas, no intuito de conservar e aproveitar de modo racional a natureza.

É importante ressaltar que quando se fala em desenvolvimento sustentável, este não pode ser obtido instantaneamente, ele é um processo de mudanças e alterações constantes, de transformação estrutural. Quando se pensa, por exemplo, na redução da poluição do ar, se faz necessário mudanças estratégicas no setor produtivo, no setor de planejamento urbano/regional e de transporte, nos hábitos humanos, no desenvolvimento de tecnologias e ciências que promovam a redução desse agente, ou seja, é perceptível que todos os setores da sociedade possuem responsabilidades para o alcance do desenvolvimento sustentável. Este, implica em mudanças sociais e econômicas (AFONSO, 2006).

Nessa perspectiva, Sachs elenca que para o alcance do desenvolvimento sustentável, se faz necessário atender oito critérios, conhecidos também como dimensões: social, cultural, ecológica, ambiental, territorial, econômica, política (nacional) e política (internacional). Estas dimensões estão intrinsecamente ligadas e se fazem presentes em todas as atividades humanas e no meio ambiente.

2.2. DESENVOLVIMENTO REGIONAL SUSTENTÁVEL NO CONTEXTO DA QUARTA REVOLUÇÃO INDUSTRIAL

O Desenvolvimento Regional Sustentável (DRS), em um contexto geral, é complexo de ser aplicado devido à prioridade maior ser na economia regional de uma determinada localidade, com o foco no crescimento e não no desenvolvimento. O DRS necessita ser inserido na sociedade através dos atores que governam as regiões, nas suas mais diferentes esferas, com o objetivo de reduzir as desigualdades regionais, com o foco no potencial das regiões e suas particularidades, assim como no planejamento de construção de novos negócios que visem a conservação do meio ambiente e nas gerações futuras que usufruirão tais recursos naturais (LIMA, 2021).

Para o alcance de um DRS, é necessário abordar a dimensão territorial como relevante para o alcance do desenvolvimento, visto que as particularidades e especificidades de uma determinada região devem ser estudadas para determinar qual o melhor planejamento e metodologias a serem trabalhadas nessa localidade, induzindo o investimento de capital nas áreas de potencial dos territórios para satisfazer as



necessidades locais, promovendo a melhoria da qualidade de vida, o desenvolvimento humano e a preservação dos recursos naturais (SACHS, 2002; LIMA, 2021).

Nesse sentido, o desenvolvimento local e regional enfatiza a percepção e reflexão que o desenvolvimento vai além da perspectiva produtiva de uma localidade, baseando-se nas relações políticas, das alianças empresariais, nos fatores socioeconômicos e no capital humano. É perceptível, então, que o desenvolvimento regional sustentável vai além do contexto apenas econômico, prevalecendo também o contexto social, cultural, ambiental e territorial (INÁCIO *et al.*, 2013).

Na medida em que o desenvolvimento sustentável é aplicado a um nível mais local, ao invés de uma aplicação global, os problemas particulares e soluções daquela região se tornam concretos, a sociedade e sua demanda é mais precisa e exigente e a política e economia é mais competitiva, promovendo um melhor planejamento para o desenvolvimento daquela localidade (RAYNAULT, ZANONI e LANA, 2018).

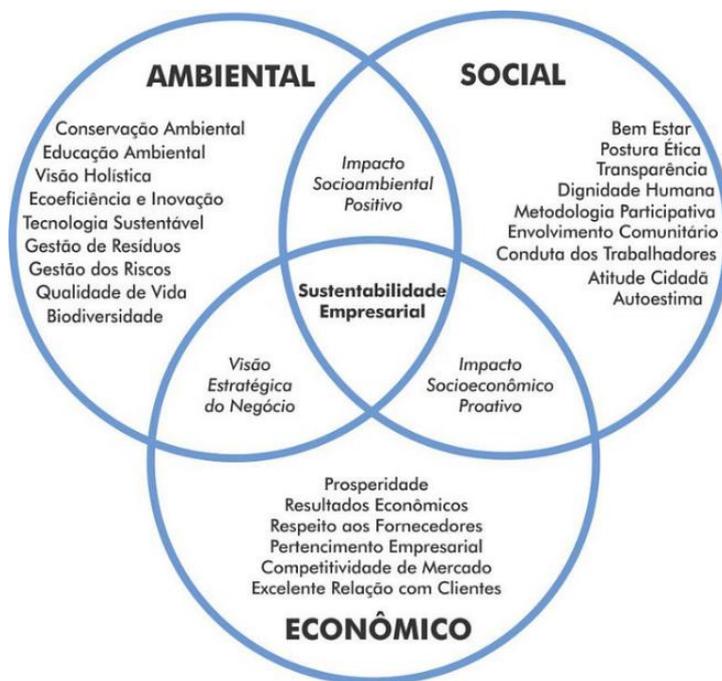
Atualmente, a sociedade encontra-se em um contexto de consumo, muitas vezes excessivos e desnecessários, o que gera diretamente o elevado descarte e produção de lixo. A tecnologia proporcionou um avanço significativo no setor produtivo e favoreceu também a intensificação do consumo das pessoas. Entretanto, o esgotamento dos recursos naturais e os impactos ambientais se intensificam, pessoas deixaram de ser cidadãs para se tornarem consumidoras, principalmente considerado o atual cenário da sociedade mundial, presente na era da quarta revolução industrial. Nessa perspectiva, as empresas exercem um papel de responsabilidade perante o meio ambiente, devendo ter a preocupação não só com o ciclo de entrada de matéria-prima, processamento e saída de produtos, mas também com os custos sociais e com os impactos ambientais (ALVES, 2019).

A quarta revolução industrial conforme cita Schwab (2017), representa uma nova transformação no mundo, jamais experimentada pela humanidade, de tal maneira que bilhões de pessoas estão conectadas por dispositivos móveis, dando origem a uma nova forma de processamento, armazenamento e acesso ao conhecimento. Os avanços tecnológicos, como a Inteligência Artificial (IA), robótica, internet das coisas (IoT), nanotecnologia, impressão 3D, biotecnologia, computação quântica, dentre outros, representam inovações que unem o mundo físico, digital e biológico.

As transformações econômicas, sociais e ambientais oriundas da quarta revolução geram dúvidas sobre a capacidade inclusiva dessa nova configuração, pois enquanto os avanços tecnológicos promovem novos modelos de negócios, otimizam os sistemas de produção, reformulam a educação, o consumo, o lazer, tal revolução gera também mais desigualdades sociais, afetando os padrões de vida e bem-estar social. Tais avanços devem ser analisados e direcionados para a geração de uma sociedade mais desenvolvida, inclusiva e sobretudo, sustentável, para o aproveitamento da tecnologia a favor da humanidade e do meio ambiente (LIMA *et al.*, 2019).

Com a propagação do desenvolvimento sustentável, o *Triple Bottom Line* (TBL) ou Tripé da Sustentabilidade foi um conceito que ganhou repercussão nas empresas e indústrias, que visa a viabilidade dos negócios de forma a analisar as unidades produtivas não somente por sua performance econômica, mas também considerando os benefícios ao meio ambiente e a sociedade, uma vez que esses três pilares – economia, sociedade e ecossistema – sustentam e permitem o desenvolvimento sustentável (ELKINGTON, 2004).

Figura 1 – Tripé da Sustentabilidade



Fonte: Lordelo (2017).

Nesse sentido, no contexto mundial atual, o crescimento econômico repousa no uso insustentável da natureza, que aceleram as crises ambientais e promovem as desigualdades sociais. A globalização traz consigo vantagens na comunicação, facilidade de troca de conhecimentos e tecnologias, mas gera também os problemas ecológicos, econômicos e sociais que precisam ser repensados (MARTINE e ALVES, 2015). Com o foco nas unidades organizacionais, especificamente nas unidades fabris, é perceptível a responsabilidade que estas têm perante o desenvolvimento sustentável e seu alcance e que, ao estarem diretamente ligadas com a quarta revolução industrial, devem utilizar as inovações tecnológicas em favorecimento do alcance do desenvolvimento.

2.3. PREVISÃO DE DEMANDA ATRAVÉS DE SÉRIES TEMPORAIS NAS INDÚSTRIAS

Sob a ótica de que o desenvolvimento sustentável é muito maior do que apenas a preservação da natureza, no contexto organizacional e industrial, estudos e pesquisas relacionados ao melhor gerenciamento das cadeias produtivas sem a exploração insustentável dos recursos (naturais e humanos) e a preocupação com a viabilidade econômico-financeira das empresas sem pôr de lado a esfera social e ambiental, se faz necessária. Nesse contexto, as indústrias são desafiadas a planejar as atividades de produção, a fim de melhorar o fluxo e alocação de informações, materiais e pessoas (LIMA, 2021).

No mundo contemporâneo, a sociedade exige a contínua produção de bens e serviços, para que as pessoas possam desempenhar as suas atividades diárias, desde a sua alimentação, transporte, educação e lazer. Nessa lógica, as organizações devem ser capazes de criar, projetar e produzir para o mercado uma diversidade de produtos que atendam as necessidades e exigências das pessoas. Assim, é perceptível a importância que a produção desempenha no contexto social e uma vez que a produção consiste em transformar insumos (matéria-prima) em produtos e serviços, a gestão e o planejamento da produção é a área responsável por estudar e planejar as cadeias produtivas a fim de alcançar a eficiência e eficácia de seus processos produtivos (CHIAVENATO, 2014).

Dentre as inúmeras atividades desempenhadas dentro de uma organização, planejar a produção é uma das tarefas mais desafiadoras e importantes, pois contempla o quanto, o como e o quando vai se produzir algo e com quais recursos necessários serão



utilizados na cadeia de produção (LIMA, 2021). A previsão de demanda é uma metodologia estatística que ajuda na tomada de decisões que envolve o melhor planejamento da produção e que envolve todo o ciclo estratégico organizacional (HYNDMAN e ATHANASOPOULOS, 2021; THOMAKOS *et al.*, 2023). A previsão de demanda pode ser definida como a estimativa/projeção da demanda futura de um produto ou serviço oferecido por uma empresa, através da análise de dados históricos.

Ao se utilizar modelos e métodos que não oferecem uma segurança nas previsões de demanda futuras, isto pode acarretar em erros expressivos, como a falta de produtos ou a superprodução, o que em ambas as situações trará prejuízos para a gestão eficaz da empresa e promoverá a insustentabilidade da mesma, uma vez que a previsão ineficaz repercutirá numa não gestão sustentável, já que o uso de recursos (matéria-prima, mão-de-obra, máquinas e equipamentos, energia elétrica, água, entre outros) estarão sendo utilizados de uma maneira não racional e não inteligente, rompendo com os princípios do desenvolvimento sustentável. O correto planejamento, otimização e controle da produção e seus processos é o caminho adequado para sustentabilidade empresarial. Além disso, no contexto em que as indústrias exercem um forte papel na economia local, a modelagem estatística auxiliará na busca pelo desenvolvimento sustentável dentro das unidades fabris.

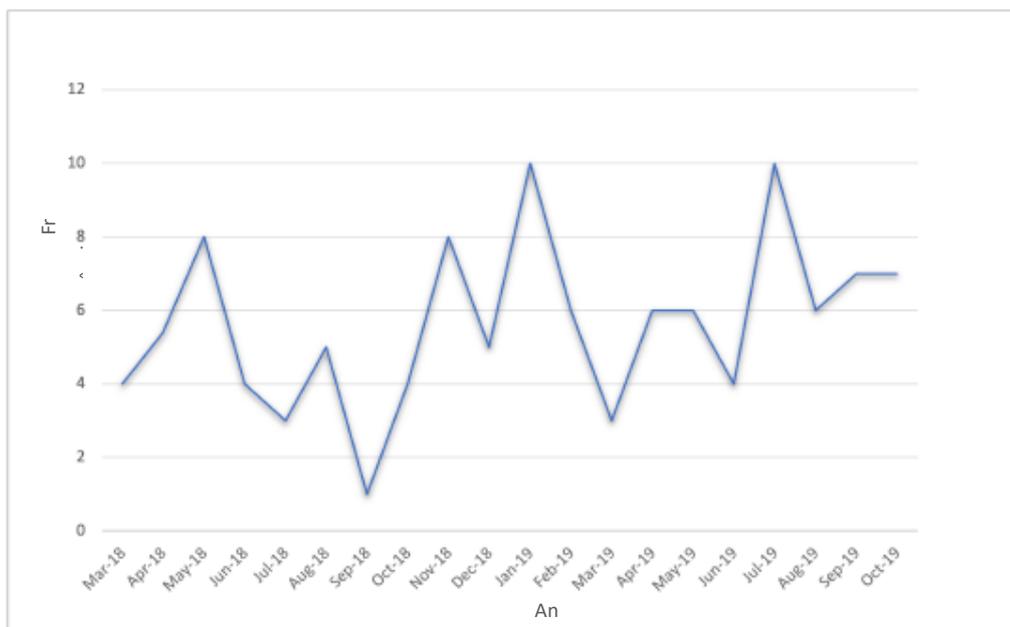
A previsão de demanda para o planejamento da produção nas indústrias se aplica através de modelos e métodos matemáticos quantitativos, utilizando de séries temporais, que são dados coletados em intervalos regulares ao longo do tempo, que tem como objetivo estimar e/ou simular como uma sequência de observações continuará no futuro (HYNDMAN e ATHANASOPOULOS, 2021) e assim, favorecer as melhores decisões para um melhor planejamento da produção e conseqüentemente um melhor planejamento de recursos, capital financeiro e humano. Os modelos de previsão a serem utilizados nas empresas dependerá principalmente dos recursos e dados disponíveis a serem trabalhados, da precisão do modelo/método de previsão e da maneira pela qual o modelo está sendo utilizado.

Existem, basicamente, dois tipos de abordagens para a previsão de demanda: as qualitativas e as quantitativas. Enquanto as abordagens qualitativas geralmente são baseadas no conhecimento empírico da experiência administrativa e de chão de fábrica de profissionais especializados, as abordagens quantitativas (métodos de *forecast*)



utilizam de modelos matemáticos a partir de levantamento e análise de dados históricos (séries temporais) para prever a demanda futura, o que garante um maior nível de confiabilidade de previsão (LUSTOSA *et al.*, 2008). Além disso, existem também abordagens combinadas (quali-quantitativas) (LIMA, 2021; CALSING, 2015).

Figura 2 - Exemplo de uma série temporal



Fonte: Cruz-Nájera *et al.*, 2022.

As aplicações da previsão de demanda a partir de séries temporais é relevante para o planejamento econômico, social e ambiental, uma vez que facilita e contribui para a otimização de processos industriais, diminuindo o grau de incerteza e aumentando o grau de acerto nas decisões, contribuindo para que as empresas produzam na quantidade adequada, no momento correto, proporcionando uma utilização mais racional e sustentável de recursos, pessoas e processos (MARTIN *et al.*, 2016), em busca de um desenvolvimento sustentável eficaz e possível.

Os modelos de previsão quantitativos através de modelagem estatística são vários, mas pode-se elencar o Método Baseados em Médias Móveis Simples, o Método Baseado em Médias Móveis Ponderadas, os Modelos de Suavização Exponencial (ETS), os Métodos de Box-Jenkins (Modelo Autorregressivo Integrado de Média Móvel - ARIMA), Redes Neurais Artificiais (ANN), dentre outros modelos, como métodos usuais utilizados para previsão de demanda através de séries temporais (CAMBUÍ *et al.*, 2023; LIMA, 2021).

Nesse raciocínio, com a utilização de métodos estatísticos para previsão de demanda nas indústrias, o planejamento da produção se torna mais confiável e otimizado, o que repercute, direto e indiretamente em um melhor gerenciamento dos níveis de estoque de matérias-primas, no planejamento de transporte, de máquinas, de recursos materiais e humanos. Através da previsão de demanda, as decisões referentes a reposições e controle de estoques nas indústrias são mais assertivas, uma vez que os gestores terão como planejar melhor o sistema de estoque, reduzindo desperdícios de matéria-prima e diminuição de custos investidos em estoque parado.

Elencando-se a importância da previsão de demanda nas indústrias para a promoção do DS, com a finalidade de atender os Objetivos do Desenvolvimento Sustentável (ODS), presentes na Agenda 2030, que trata de um plano de ação global abrangendo as dimensões social, ambiental e econômica do desenvolvimento sustentável, dentre os 17 objetivos propostos em tal agenda, a utilização da previsão nas indústrias proporciona o alcance dos objetivos 8, 9 e 12 que são, respectivamente: trabalho decente e crescimento econômico; indústria, inovação e infraestrutura e consumo e produção responsáveis (CRUZ *et al.*, 2022).

Tabela 1 - Relação entre os ODS e as indústrias

<p>Objetivo 8 - Trabalho decente e crescimento econômico: Promover o crescimento econômico inclusivo e sustentável, o emprego pleno e produtivo e o trabalho digno para todos</p>	<p>8.2 - Atingir níveis mais elevados de produtividade das economias por meio da diversificação, modernização tecnológica e inovação [...]; 8.4 - Melhorar progressivamente, até 2030, a eficiência dos recursos globais no consumo e na produção, e empenhar-se para dissociar o crescimento econômico da degradação ambiental.</p>
<p>Objetivo 9 - indústria, inovação e infraestrutura: Construir infraestruturas resilientes, promover a industrialização inclusiva e sustentável e fomentar a inovação</p>	<p>9.2 - Promover a industrialização inclusiva e sustentável e, até 2030, aumentar significativamente a participação da indústria no setor de emprego e no PIB; 9.4 - Até 2030, modernizar a infraestrutura e reabilitar as indústrias para torná-las sustentáveis, com eficiência aumentada no uso de recursos e maior adoção de tecnologias e processos industriais limpos e ambientalmente corretos; 9.5 - Fortalecer a pesquisa científica, melhorar as capacidades tecnológicas de setores industriais em todos os países; 9.c - Aumentar significativamente o acesso às tecnologias de informação e comunicação.</p>

<p>Objetivo 12 - Consumo e produção responsáveis: Garantir padrões de consumo e de produção sustentáveis</p>	<p>12.2 - Até 2030, alcançar a gestão sustentável e o uso eficiente dos recursos naturais; 12.6 - Incentivar as empresas, especialmente as empresas grandes e transnacionais, a adotar práticas sustentáveis e a integrar informações de sustentabilidade em seu ciclo de relatórios.</p>
---	--

Fonte: Adaptado de Brasil, 2023.

Assim, fica evidente e perceptível que a utilização de métodos de previsão de demanda através de modelagem estatística desempenha um papel importante na melhor gestão da produção e planejamento empresarial, o que repercute numa melhor utilização de recursos e que auxilia na promoção do desenvolvimento sustentável nas organizações.

3. CONSIDERAÇÕES FINAIS

O presente estudo demonstra a relevância e importância que o desenvolvimento sustentável tem na sociedade contemporânea, principalmente se analisarmos que o avanço gradativo tecnológico, se utilizado de forma correta, pode proporcionar progresso na inserção da sustentabilidade. De acordo com o ecossocioeconomista Sachs cita, o desenvolvimento sustentável se faz necessário na medida em que este não se resume apenas no crescimento econômico, mas na integração entre o crescimento ambiental e social, favorecendo toda a sociedade.

As indústrias, à medida que desempenham um forte papel na economia e consequentemente na responsabilidade do alcance do desenvolvimento sustentável, necessitam de metodologias e planos de ação para o atingimento da sustentabilidade nas suas unidades. Em virtude da previsão de demanda exercer um dos papéis importantes para a continuidade do funcionamento das unidades fabris através de um planejamento produtivo eficiente e otimizado, utilizar de métodos matemáticos e estatísticos se faz necessário para incorporar uma maior eficiência e eficácia nos processos produtivos, refletindo impactos positivos na economia, sociedade e meio ambiente, alcançando portanto, o Tripé da Sustentabilidade.

REFERÊNCIAS

AFONSO, C. M. **Sustentabilidade: caminho ou utopia**. 1 ed. São Paulo: Annablume, 2006.



- ALVES, R. R. **Sustentabilidade empresarial e mercado verde: a transformação do mundo em que vivemos**. Rio de Janeiro: Vozes, 2019.
- BARBIERI, J. C. **Gestão ambiental empresarial: conceitos, modelos e instrumentos**. São Paulo: Editora Saraiva, 2004.
- BOFF, L. **Sustentabilidade: o que é – o que não é**. Rio de Janeiro: Vozes, 2017.
- BRASIL. **Agenda 21**. Ministério do Meio Ambiente. 2023. Disponível em: <<https://antigo.mma.gov.br/responsabilidade-socioambiental/agenda-21.html>>. Acesso em: 29 de mai. de 2023.
- BRASIL. **Objetivos de Desenvolvimento Sustentável**. Nações Unidas do Brasil. 2023. Disponível em: <<https://brasil.un.org/pt-br/sdgs>>. Acesso em: 29 de mai. de 2023.
- BRUNDTLAND, G. H. **Nosso Futuro Comum**. 2 ed. Rio de Janeiro: Editora Fundação Getúlio Vargas, 1991.
- CALSING, L. C. **Previsão de demanda combinada a partir de métodos quantitativos e opinião de especialistas**. Dissertação (Mestrado em Engenharia de Produção) – Escola de Engenharia, Universidade Federal do Rio Grande do Sul –UFRGS, Porto Alegre, 2015.
- CAMBUÍ, C. M. C. *et al.* **Aplicações de previsão de demanda por meio de séries temporais**. In: Revista de Gestão e Secretariado, São Paulo, v. 14, n.2, p. 1477-1490, 2023.
- COSTA, E.; FERREZIN, N. B. **ESG (Environmental, Social and Corporate Governance) e a comunicação: o tripé da sustentabilidade aplicado às organizações globalizadas**. In: Revista Alterjor, 24(2), 79-95, 2021. Disponível em: <<https://doi.org/10.11606/issn.2176-1507.v24i2p79-95>>. Acesso em: 29 de mai. de 2023.
- CHIAVENATO, I. **Gestão da produção: uma abordagem introdutória**. 3º ed. Barueri, São Paulo: Manole, 2014.
- CRUZ, D. K. A. *et al.* **Os Objetivos de Desenvolvimento Sustentável e as fontes de dados para o monitoramento das metas no Brasil**. In: Revista do SUS - Epidemiologia e Serviços de Saúde, Brasília, v 31, 2022. Disponível em: <http://scielo.iec.gov.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1679-49742022000500902-ess-31-esp1-e20211047.pdf>. Acesso em: 29 de mai. de 2023.
- CRUZ-NÁJERA, M. A. *et al.* **Short Time Series Forecasting: Recommended Methods and Techniques**. In: Symmetry, v. 14, 2022, 1231. Disponível em: <



<https://www.mdpi.com/2073-8994/14/6/1231>>. Acesso em: 29 de mai. de 2023.

ELKINGTON, J. **Enter the Triple Bottom Line**. 2004. Disponível em: <<https://www.johnelkington.com/archive/TBL-elkington-chapter.pdf>>. Acesso em: 29 de mai. de 2023.

FEIL, A. A.; SCHREIBER, D. **Sustentabilidade e desenvolvimento sustentável: desvendando as sobreposições e alcances de seus significados**. In: Cadernos EBAPE.BR, v. 14, nº 3, Artigo 7, Rio de Janeiro, Jul./Set. 2017.

HYNDMAN, R. J.; ATHANASOPOULOS, G. **Forecasting: Principles and Practice**. 3 ed. Austrália: OTexts. 2021. Disponível em: < <https://otexts.com/fpp3/>>. Acesso em: 29 de mai. de 2023.

INÁCIO, R. O. *et al.* **Desenvolvimento Regional Sustentável: abordagens para um novo paradigma**. In: Desenvolvimento em Questão, v. 11, p. 6-40, 2013. Disponível em: <<https://www.revistas.unijui.edu.br/index.php/desenvolvimentoemquestao/article/view/320>>. Acesso em: 31 de mai. 20.

LIMA, J. E. C. **Planejamento da demanda para indústria de manufatura de bens a partir de formalismos de séries temporais**. Tese de Doutorado em Engenharia de Produção e Sistemas. Universidade do Vale do Rio dos Sinos. Rio Grande do Sul, 2021.

LIMA, J. F. **Sustainable Regional Development**. In: Revista DRd – Desenvolvimento Regional em Debate, v. 11, 132-143, 2021. Disponível em: <<https://www.periodicos.unc.br/index.php/drd/issue/view/88>>. Acesso em: 29 de mai. de 2023.

LIMA, M. M. *et al.* **A quarta revolução industrial sob o tripé da sustentabilidade**. In: Revista Simioses, Rio de Janeiro, v.13., n. 3., jul./set. 2019. Disponível em: <<https://revistas.unisuam.edu.br/index.php/semioses/article/view/392>>. Acesso em: 29 de mai. de 2023.

LORDELO, R. Q. **Responsabilidade ambiental e desenvolvimento sustentável**. 2017. Disponível em:< <https://medium.com/esquinaonline/responsabilidade-ambiental-e-desenvolvimento-sustent%C3%A1vel-ab33211b2127>>. Acesso em 31 de mai. de 2023.

LUSTOSA, L. *et al.* **Planejamento e controle da produção**. Rio de Janeiro: Elsevier, 2008.

MARTIN, A. C. *et al.* **Análise de séries temporais para previsão da evolução do número de automóveis no Município de Joinville**. In: Revista Espacios, Vol. 37, n 06, p. 29-44. 2016. Disponível em: < https://qualimetria.ufsc.br/files/2016/05/Revista-ESPACIOS_-_Vol.pdf>. Acesso em: 29 de mai. de 2023.



MARTINE, G.; ALVES, J. E. D. **Economia, sociedade e meio ambiente no século 21: tripé ou trilema da sustentabilidade.** In: Revista Brasileira de Estudos De População, 32(3), 433–460. 2015. Disponível em: <<https://rebep.org.br/revista/article/view/736>>. Acesso em: 29 de mai. de 2023.

SACHS, I. **Caminhos para o desenvolvimento sustentável.** Rio de Janeiro: Gradmond, 2002.

SCHWAB, K. **The Fourth Industrial Revolution.** Suíça: World Economic Forum. 2017.

SERRÃO, M.; ALMEIDA, A.; CARESTIATO, A. **Sustentabilidade: uma questão de todos nós.** São Paulo: SENAC, 2020.



THOMAKOS, D. *et al.* **ShoTS Forecasting: Short Time Series Forecasting for Management Research.** In: British Journal of Management, Vol. 34, 539–554, 2023.



CAPÍTULO XVIII

CARACTERIZAÇÃO TECNOLÓGICA DE CINZA DE BIOMASSA PARA USO EM MATERIAIS CIMENTÍCIOS

TECHNOLOGICAL CHARACTERIZATION OF BIOMASS ASH FOR USE IN CEMENTITIOUS MATERIALS

DOI: 10.51859/ampla.mas3200-18

Iuri Veríssimo Mendonça¹
Heloína Nogueira da Costa²
Antônio Vanutti Galvão da Silva³

¹ Graduado do curso de Engenharia Civil. Universidade Federal do Ceará – UFC – Crateús – CE

² Professora Adjunta – Engenharia Civil. Universidade Federal do Ceará – UFC – Crateús – CE

³ Graduado e mestrando do curso de Engenharia Civil. Universidade Federal do Ceará – UFC – Crateús – CE

RESUMO

A produção das cerâmicas vermelhas envolve processos de transformações de insumos para obter o produto final, que geram uma quantidade significativa de resíduos que não possuem, por muitas vezes, destinação específica, sendo acumulado em montes nas indústrias. Dentre os resíduos gerados tem-se a cinza resultante da queima da lenha para a produção da cerâmica. Em paralelo, diversos materiais residuais são estudados e aplicados como material cimentícios suplementar, devido à preocupação ambiental da quantidade de cimento utilizado no mundo, visto que sua produção emite dióxido de carbono (CO₂) na atmosfera. Quanto a cinza de biomassa, ainda são poucos os estudos voltados para o uso em concretos e argamassas. Portanto, o objetivo deste estudo é caracterizar a cinza residual de fornos da indústria cerâmica de Crateús-CE, visando a sua aplicação em materiais cimentícios. Para isso, foram coletadas amostras da cinza resultantes da queima de madeiras secas da região (mofumbo e jurema) e peneiradas na peneira com abertura de 75 µm, posteriormente, foram realizadas as análises de Granulometria a laser, Espectroscopia por energia dispersiva, Microscopia eletrônica de varredura, Termogravimetria e Calorimetria exploratória exponencial. Diante dos resultados obtidos, a cinza apresentou uma elevada concentração de cálcio em sua composição e uma somatória nos teores de SiO₂, Al₂O₃ e Fe₂O₃

inferior nos requisitos de classificação pozolânica. No entanto, apresentou finura adequada para aplicação como material cimentício suplementar sem atividade química.

Palavras-chave: Indústrias ceramistas. Cinza de biomassa de madeira. Materiais cimentícios suplementares.

ABSTRACT

The production of red ceramics involves transformation processes of inputs to obtain the final product, which generate a significant amount of waste that often does not have a specific destination, being accumulated in heaps in industries. Among the residues generated there is the ash resulting from the burning of firewood for the production of ceramics. In parallel, several residual materials are studied and applied as supplementary cementitious material, due to the environmental concern of the amount of cement used in the world, since its production emits carbon dioxide (CO₂) in the atmosphere. As for biomass ash, there are still few studies focused on its use in concrete and mortar. Therefore, the objective of this study is to characterize the residual ash from kilns of the ceramic industry in Crateús-CE, aiming at its application in cementitious materials. For this, samples of the ash resulting from the burning of dry wood in the region (mofumbo and jurema) were collected and sieved in a sieve with an opening of 75 µm, later, the analyzes of Laser



Granulometry, Energy Dispersive Spectroscopy, Electron Microscopy of scanning, thermogravimetry and exponential scanning calorimetry. Given the results obtained, the ash showed a high concentration of calcium in its composition and a sum of SiO₂, Al₂O₃ and Fe₂O₃ lower in the pozzolanic classification

requirements. However, it presented adequate fineness for application as a filler, that is, additional cementitious material without chemical activity.

Keywords: Ceramic Industry. Wood biomass ash. Supplementary cementitious materials.

1. INTRODUÇÃO

As Indústrias Ceramistas têm papel relevante na Indústria da Construção Civil (ICC), possuindo um faturamento anual de 18 bilhões, gerando mais de 290 mil empregos diretos e responsável por 4,8% do setor da Construção Civil (ANICER, 2008). No Brasil existem aproximadamente 6.903 fábricas de cerâmica, sendo 4.346 dessas, unidades produtoras de blocos para alvenaria (ASSOCIAÇÃO NACIONAL DA INDÚSTRIA CERÂMICA, 2017).

O estado do Ceará ocupa a quinta colocação no ranking nacional em número de empresas do setor industrial cerâmico com 412 unidades produtoras (DIÁRIO DO NORDESTE, 2014). Segundo a Secretaria do Meio Ambiente (SMA) de Crateús-CE, a cidade possui atualmente três Indústrias Cerâmicas regularizadas. Em Nova Russas-CE há uma Olaria regularizada.

O segmento da indústria cerâmica é de extrema importância tendo em vista que a produção de tijolos, lajotas, telhas, blocos de vedação e estrutural são a base da Construção Civil. No estado do Ceará, o bloco cerâmico lidera as vendas, dentre os produtos mais comercializados das indústrias, sendo atualmente responsável por 77,3% de tudo que é vendido (DIÁRIO DO NORDESTE, 2014).

O processo de produção da cerâmica vermelha se dá por meio de etapas, sendo estas, a extração da matéria-prima, a conformação das peças, a calcinação e por fim, a expedição destas (NETCERAMICS, 2009). As transformações de insumos deixam pelo caminho uma quantidade de resíduos. Todo processo produtivo industrial, é caracterizado pela utilização de insumos que, submetidos a uma transformação, dão lugar a produtos e com eles, os resíduos (ALMEIDA, SOARES, MATOS, 2020).

Dos resíduos gerados, inclui a cinza, resultante da queima da lenha para a produção da cerâmica. A combustão de lenha no Brasil gera uma grande quantidade de cinzas que não possuem uma destinação específica. A produção de cinza é em torno de

3% da massa da madeira queimada, o que resulta em aproximadamente 2,55 milhões de toneladas de cinzas (BORLINI et. al, 2005).

As cinzas provenientes dos fornos das olarias, dependendo da sua propriedade ligante, podem ser consideradas como um material pozolânico, que segundo a ABNT NBR 12653:2014, são materiais silicosos ou silicoaluminosos que sozinhos, possuem pouca ou nenhuma propriedade ligante, mas que, quando finamente divididos e na presença da água, reagem com o hidróxido de cálcio à temperatura ambiente, formando compostos com propriedades ligantes.

Nesse contexto, o objeto de estudo da presente pesquisa tem como foco a caracterização das cinzas geradas pela queima da lenha na fabricação dos blocos cerâmicos de indústria na cidade de Crateús-CE.

2. CINZA DE BIOMASSA

A cinza de biomassa é um resíduo resultante da queima de biomassa florestal utilizada como parte da matriz energética dos setores industriais cerâmicos, de papel e celulose.

Essas cinzas possuem em sua morfologia, partículas de diferentes formas e tamanhos, uma composição heterogênea, bem como sua formação química, variando em função dos parâmetros do processo de incineração como o tempo de queima, do tipo de biomassa incinerada e a temperatura (TEIXEIRA et al., 2008). Desse modo, as propriedades das cinzas obtidas de diferentes biomassas, assim como cinzas obtidas da mesma biomassa com parâmetros de incineração desiguais, podem variar, como também a sua eficiência nas diferentes aplicações (MACEDO, 2009).

As pesquisas sobre o uso de cinzas de biomassa têm ganhado espaço na comunidade científica, mas ainda apresentam conclusões divergentes sobre a viabilidade do seu uso, especialmente devido às diferenças avaliadas na composição química entre as cinzas relacionadas com os processos de produção, principalmente a origem da madeira, capacidade da caldeira e o método da incineração (SAARSALMI et al. 2001).

Demis, Tapali e Papadakis (2014) indicam os três principais tipos de cinza de biomassa: cinzas combustíveis de óleo de palma, cinzas de bagaço de cana de açúcar e cinzas de madeira, cujas características são apresentadas a seguir.

2.1. CINZAS COMBUSTÍVEIS DE ÓLEO DE PALMA

A cinza combustível de óleo de palma, popularmente conhecido no Brasil como óleo de dendê, é um subproduto da indústria de óleo de palma, tratando-se de um resíduo conseguido a partir da queima de suas fibras, cascas e cachos vazios do dendê (DEMIS, TAPALI e PAPADAKIS, 2014).

Em uma pesquisa realizada por Alkutti, Islam e Nasir (2019), substituindo o cimento por 10% da cinza, resultou uma menor taxa de absorção de água, e assim, uma redução da permeabilidade de substâncias deletérias no concreto. Esse estudo mostrou que a cinza possui grande potencial como material de construção, visto que foi observado uma redução de 29% no teor de hidróxido de cálcio na pasta com cinza quando comparada à pasta de cimento.

2.2. CINZAS DE BAGAÇO DE CANA DE AÇÚCAR

De acordo com o Atlas Big (2021), no mundo são produzidas em torno de 1,9 bilhões de toneladas de cana-de-açúcar por ano, sendo o Brasil o maior produtor do mundo, com volume de produção de 768.678.382 toneladas por ano. Desse volume, 95% do bagaço é utilizado como combustível para geração de energia elétrica em caldeiras a vapor, processo que leva a formação da cinza do bagaço de cana, que são geradas na proporção de 23,8 kg de cinza para cada tonelada de bagaço (MANSANEIRA et al. 2017).

A cinza do bagaço da cana de açúcar está entre os resíduos agroindustriais mais utilizados como material pozolânico. Yogitha, Karthikeyan e Reddy (2020) estudaram o desempenho da cinza como substituto parcial do cimento Portland em concretos e comprovaram que o concreto obtido apresentou aumento de resistência, trabalhabilidade aceitável, redução da permeabilidade e resistência à condutividade térmica e elétrica quando comparado ao concreto tradicional, concluindo assim, que a cinza do bagaço da cana de açúcar pode ser aproveitado na adição do concreto com baixo custo e de forma sustentável satisfazendo os parâmetros de resistência.

2.3. CINZAS DE BIOMASSA DE MADEIRA

A cinza de biomassa de madeira (CBM), objeto de estudo dessa pesquisa, é uma mistura complexa de resíduos orgânicos e inorgânicos gerados devido à combustão de madeira e produtos de madeira como cavacos serradura, casca etc. A CBM pode

apresentar características semelhantes às cinzas volantes, que são obtidas do carvão mineral, que é uma madeira fossilizada (DEMIS, TAPALI, PAPADAKIS, 2014).

A biomassa de madeira é uma biomassa leve e pode ser conhecida como um combustível inesgotável, sendo assim extremamente atraente para indústrias e usinas de ignição de biomassa em larga escala (GORI et al. 2013). Cerca de 3% da CBM é gerada durante a incineração de 1 tonelada da biomassa de madeira, por esta razão, são realizados estudos da cinza como material cimentício suplementar. A substituição parcial do cimento por CBM pode influenciar nas propriedades das argamassas, segundo Chowdhury, Mishra e Suganya (2015), a substituição diminui os valores de retração por secagem.

Medeiros et al. (2010) estudaram a incorporação de cinza de lenha (CL), coletadas de uma indústria ceramista da cidade de São Sebastião – DF, em massa cerâmica para a produção de blocos. Feito uma análise química da CL coletada, foi encontrado 43,32% de CaO, 7,36% de MgO e 8,24% de K₂O. Após uma análise de difração de raios X foi verificado que a CL tem em sua composição quartzo (SiO₂), aluminato de magnésio (MgAl₂O₄), feldspato potássico e óxido de cálcio (CaO). Em seu comportamento granulométrico, a CL apresentou 87,49% de fração de silte, 8,44% de fração de argila e 4,04% de fração de areia com diâmetro médio de 25,62 µm. Medeiros et al. (2010) concluiu em sua pesquisa que o aumento na quantidade de CL pode reduzir a absorção de água e aumentar o módulo de ruptura por flexão.

Resende (2013) pesquisou o efeito da adição de cinzas de cavaco de lenha de Eucalipto como material cimentício suplementar. A cinza foi coletada de uma caldeira alternativa da empresa DPA-Nestlé localizada na cidade de Ibiá-MG. O material coletado foi dividido em três grupos: cinza in natura, cinza moída e cinza requeimada em forno por 2 horas na temperatura de 600°C. Cada grupo de cinza foi substituído em 0, 5, 10 e 15% em relação ao cimento CP V utilizado. Foram realizados os ensaios de espectrometria por energia dispersiva de raios X para definir a composição química para os três grupos de cinzas, indicando baixo teor de matéria orgânica e alto teor de cálcio (aproximadamente 50%) e ferro (aproximadamente 15%).

Através do ensaio de espectroscopia de raios X, as cinzas de cavaco de eucalipto apresentaram em sua composição química 27,4% de óxido de cálcio, 22,6% de óxido de alumínio e 10,9% de óxido de ferro. Apresentou ainda, altos valores de perda ao fogo

para as cinzas in natura e moídas, 47,5% e 51,0%, respectivamente, enquanto a cinza requeimada apresentou 15% de perda ao fogo. Nos ensaios de comportamento mecânico, todas as cinzas de eucalipto apresentaram a característica de preenchimento de vazios. As cinzas moídas e requeimadas apresentaram uma reatividade que melhorou as propriedades do compósito no estado endurecido. Resende (2013) concluiu em sua pesquisa, que a substituição de 5% de cimento pela cinza estudada na produção do concreto, não altera a quantidade de compósitos produzidos, desse modo, a cinza de cavaco de eucalipto pode ser utilizada como um material cimentício suplementar.

Tamanna et al. (2020) realizaram uma pesquisa com resíduos provenientes da queima da madeira, e tal material apresentou-se como fonte pozolânica promissora para futura substituição do cimento Portland, tendo vantagens como melhoria na durabilidade do concreto e prática ao desenvolvimento sustentável. Em resumo, o estudo da incorporação da cinza em misturas de concreto resultou em uma resistência e trabalhabilidade reduzidas, porém com a durabilidade estendida, podendo ser útil para a construção sustentável.

De modo geral, as pesquisas não apontam para uma tendência de comportamento, o que provoca a necessidade de avanços nos estudos desses materiais, alterando o tipo de biomassa, o tempo de incineração e os demais parâmetros.

3. METODOLOGIA

A amostra do material foi coletada de diferentes fornos da Cerâmica Mondubim, que é uma olaria destinada à produção de blocos cerâmicos localizada no distrito de Curral Velho, a uma distância de aproximadamente 15 km da zona urbana de Crateús.

A coleta foi realizada em junho de 2022 e posteriormente foi peneirada na peneira N°200 com abertura de 75 µm, como podemos ver na Figura 1.

O tipo de madeira utilizado para queima são as madeiras secas da região, como mofumbo (*Combretum leprosum*) e jurema (*Mimosa ophthalmocentra*). Além disso, a incineração acontece por um período de 20 horas à temperatura que varia de 600 a 800°C.

Figura 1 – Cinza a) Ponto de coleta; b) Peneiramento; c) Cinza processada



Fonte: Autor (2023)

3.1. CARACTERIZAÇÃO DA CINZA

A fim de saber se a cinza da olaria atende aos requisitos químicos estabelecidos na ABNT NBR 12653 foram realizados os seguintes ensaios: - Granulometria a laser, realizada pelo instrumento Malvern Mastersizer 2000 na Fábrica de cimento Apodi-Ceará, para a obtenção da distribuição do tamanho das partículas; Determinação da massa específica, pelo método do cimento Portland (Figura 3), segundo a ABNT NBR 16605/2017; Determinação da finura por meio da peneira 45 micrômetros, segundo a ABNT NBR 15894-3. A composição química da CBM foi caracterizada por meio de Espectroscopia por energia dispersiva de raios X, realizada no laboratório de geologia da Universidade Federal do Ceará no campus do Pici em Fortaleza/CE.

A Microscopia eletrônica de varredura (MEV) foi aplicada para identificar a morfologia e os produtos de reação por meio de imagens capturadas em superfície (SE) com magnificação de 10.000x. Essa análise foi realizada em microscópio modelo QUANTA FEG 450, fabricado pela companhia FEI, conforme procedimento da Central Analítica/UFC.

A Termogravimetria (TGA) foi utilizada para identificar os padrões de decomposição de produtos de reação por meio da perda de massa. Utilizou-se também a Calorimetria Exploratória Diferencial (DSC), a qual mediu as mudanças de energia ao variar a temperatura, permitindo caracterizar os processos de transição do material. Nessa análise foi utilizado o equipamento NETZSCH STA 449F3, modelo STA449F3A-1067-M. A temperatura variou de 25°C a 900°C, a uma taxa de aquecimento de

10°C/min, com atmosfera de nitrogênio, conforme procedimento do Laboratório de Materiais Avançados/UFC.

4. RESULTADOS

Na Tabela 1 são mostrados os resultados da massa específica e do módulo de finura (F45), além do diâmetro médio, D10, D50 e D90, que indicam, respectivamente, que 10%, 50% e 90% das partículas possuem um diâmetro menor do que o valor indicado.

Tabela 1 – Caracterização da CBM

Massa específica (g/cm ³)	2,87
F45 µm (%)	12
D10% (µm)	4,918
D50% (µm)	14,384
D90% (µm)	53,489
Dmédio (µm)	23,167

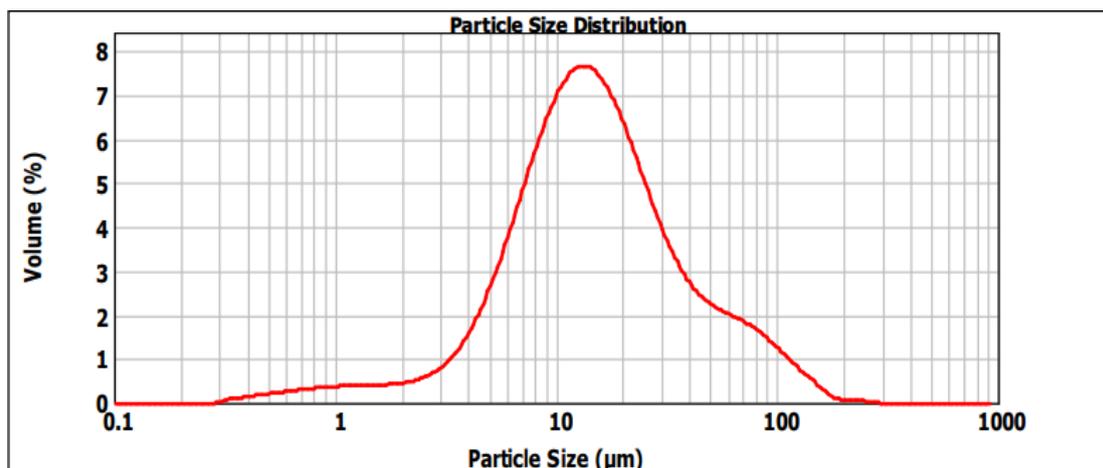
Fonte: Autor (2023)

Nota-se que a amostra do resíduo possui massa específica menor que a do cimento, indicando partículas mais leves. De acordo com a norma NBR 12653:2014, o requisito da retenção de material na peneira (F45 µm) é de até 20% da massa inicial. Desse modo, a cinza de biomassa de madeira resultou uma porcentagem de 12%, atingindo nessa situação, um pré-requisito de um material pozolânico.

No Gráfico 1 são apresentados os resultados da análise granulométrica da CBM. A curva em vermelho indica a distribuição granulométrica da amostra da cinza coletada.



Gráfico 1 – Distribuição das partículas da CBM



Fonte: Autor (2023)

De acordo com a Tabela 3, a cinza tem um percentual de 10% com partículas de diâmetro menores ou iguais a 4,91 µm, 50% das suas partículas possuem diâmetro menores ou iguais a 14,384 µm e 90% das partículas têm diâmetro menor que 53,49 µm.

Tashima (2006) realizou a caracterização da cinza de casca de arroz (CCA) para analisar seu comportamento em matrizes de cimento Portland, e no ensaio de granulometria a laser feito pelo autor, a cinza atingiu um diâmetro médio de 11,076 µm. Esse resultado diverge da presente pesquisa, que teve um diâmetro médio de 23,167 µm, possivelmente, devido ao tempo de 20 minutos de moagem que a cinza de casca de arroz passou como tratamento prévio. O autor realizou um estudo da influência do tempo de moagem da cinza na granulometria, tomando amostras com 2,5 min.; 5 min.; 10 min.; 15 min.; 20 min. e 60 min. de moagem para a análise granulométrica e observou que a máxima eficiência do moinho de bolas utilizado foi com 20 minutos atingindo 11,076 µm. Já com 60 minutos notou-se que a CCA começou a aglomerar-se, aumentando o diâmetro médio da cinza. No tempo de 2,5 minutos, a cinza apresentou um diâmetro médio de 20,026 µm, o que se aproxima do resultado do diâmetro médio da cinza do presente trabalho sem tratamento prévio.

4.1. COMPOSIÇÃO QUÍMICA DA CINZA

Os resultados obtidos estão apresentados na Tabela 2.

Tabela 2 – Composição química da Cinza de Biomassa de Madeira (CBM)

Amostra	MgO (%)	SiO ₂ (%)	P ₂ O ₅ (%)	SO ₃ (%)	K ₂ O (%)	CaO (%)
CBM	3,78	2,34	2,49	1,54	3,61	86,23

Fonte: Autor (2023)

Segundo a norma ABNT NBR 12653:2014, para que um resíduo seja classificado como material pozolânico, este deve apresentar em sua composição, um somatório nos teores de SiO₂, Al₂O₃ e Fe₂O₃ equivalente a 70% para as classes N e C, e equivalente a 50% para a classe pozolânica E. Analisando a composição química da cinza estudada, notou-se que essa condição não é satisfeita, visto que possui um teor de 2,34% de SiO₂ e teores nulos de Al₂O₃ e Fe₂O₃.

Ainda segundo a norma, o material deve respeitar uma quantidade máxima de 4% de SO₃ para a classe pozolânica N, e de 5% para as classes C e E. Segundo os dados obtidos na Tabela 3, percebeu-se que a CBM respeitou o critério referente à quantidade máxima de SO₃, com 1,54%.

Esses resultados são semelhantes ao que foi visto no estudo realizado por Silva et al. (2020), que coletaram cinza de uma indústria cerâmica da região de São Paulo, que produz blocos em fornos intermitentes do tipo abóbora. As cinzas provenientes da queima da lenha de eucaliptos (*Eucalyptus spp.*), e casca de pinus (*Pinus spp.*) à temperatura que variavam de 600 a 800°C tiveram como resultados uma grande quantidade de óxido de cálcio (39,35%) e somatória de 28,10% nos teores de SiO₂, Al₂O₃ e Fe₂O₃, através do ensaio de fluorescência de raios-X (FRX). Ainda segundo o autor, a cinza não apresentou nenhuma quantidade de SO₃.

Outro estudo também semelhante foi o de Borlini et al. (2005), caracterizando quimicamente cinzas de eucalipto provenientes de fornos de olarias, que também apresentaram um elevado teor de óxido de cálcio (CaO), com 32,6%.

Lima e Cordeiro (2021) pesquisaram sobre a cinza da palha de milho (CPM) e obtiveram como resultado teores de 94,20% de SiO₂ e 0,20% de Fe₂O₃ em sua composição química. Esses resultados divergem dos valores apresentados nesse estudo (2,34% de SiO₂ e teores nulos de Al₂O₃ e Fe₂O₃) devido ao procedimento que a cinza de palha passou para se tornar uma CPM de alta reatividade, por um processo de lixiviação ácida controlada, incinerada em duas etapas e moagem altamente fina, enquanto a

cinza do mofumbo e jurema passaram somente por uma incineração de 600 a 800 °C e peneiramento na peneira 200.

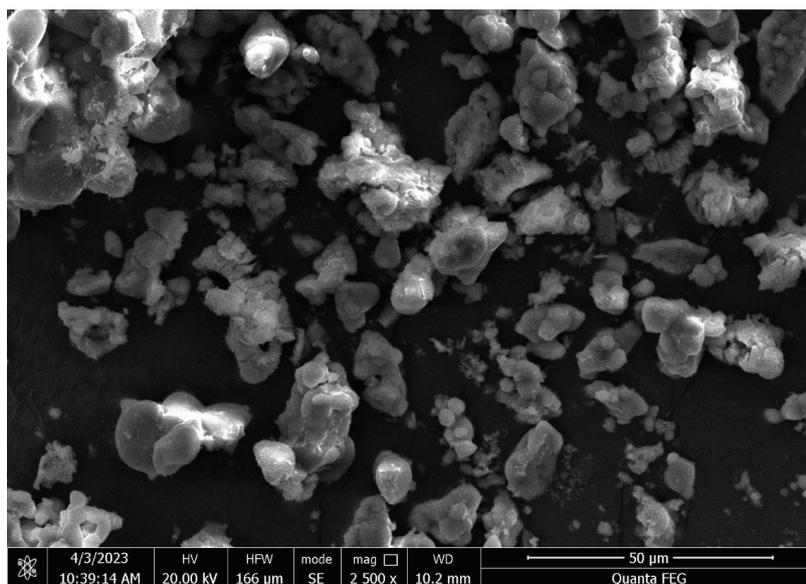
Salvo et al. (2015) coletaram cinzas de biomassa de três usinas diferentes, uma delas sendo da central elétrica de palha localizada na Suécia. Após uma análise de difração de raio-X (DRX), a cinza estudada obteve uma composição de 57,30% de SiO_2 , 0,4% de Al_2O_3 e 0,6% de Fe_2O_3 . Apesar dos baixos teores de ferro e alumina, a cinza atingiu o pré-requisito de classe pozolânica E. E devido ao seu alto teor de sílica, a cinza pode ser potencialmente usada como material cimentício suplementar (MCS) após a redução do teor alcalino. Esse resultado diverge do presente estudo possivelmente devido ao tipo de cinza e ao tratamento prévio pela qual a cinza passou, que além do peneiramento, passou por moagem e 48 horas de lavagem.

No entanto, segundo Hills et al. (2020), a diferença nos valores dos teores químicos da cinza é explicada pela influência do estado do material coletado para a pesquisa, a perda de nutrientes das plantas, às condições de colheita e o tipo de solo utilizado para o cultivo.

4.2. MICROSCÓPIO ELETRÔNICO DE VARREDURA (MEV)

As imagens da microscopia eletrônica de varredura (MEV) auxiliam na análise da morfologia e aspecto das partículas.

Figura 2 – Microscopia eletrônica de varredura da amostra de cinza



Fonte: Autor (2023)

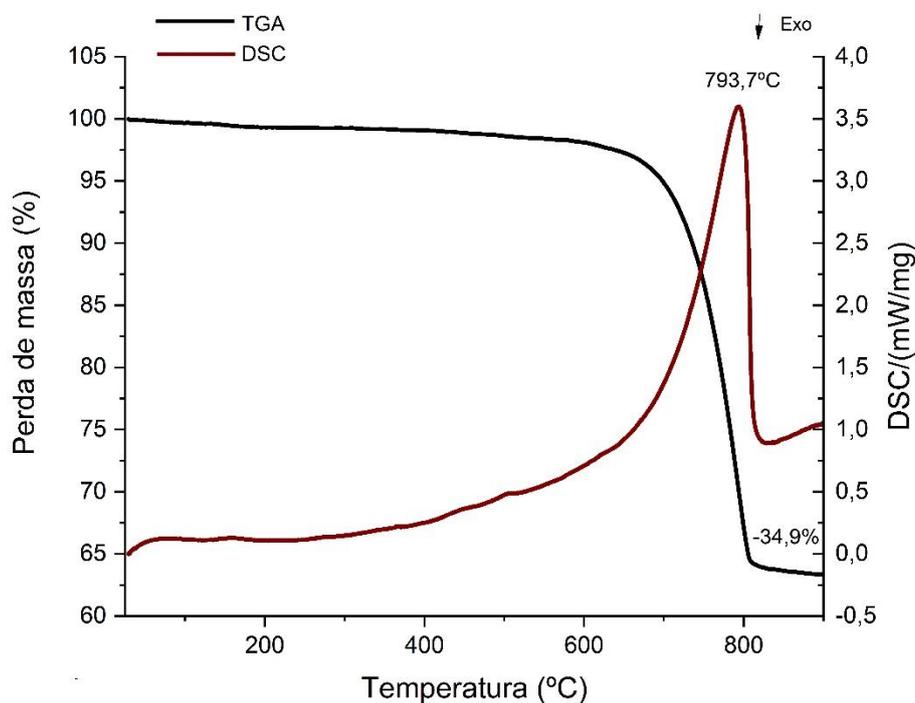
A Figura 2 é da amostra da cinza de biomassa de madeira, e pode-se verificar uma estrutura no formato próximo de um alvéolo. É possível ver também um aglomerado de partículas, se assemelhando ao trabalho realizado por Bennack (2016), na análise da cinza de madeira proveniente do processo de combustão da indústria madeireira de Santa Catarina, concluindo que esse aglomerado contribui para a formação de um material mais poroso (BENNACK, 2016).

Ainda de acordo com a Figura 2, a cinza do Mofumbo e da Jurema apresentam aparentemente uma superfície lisa, o que diverge dos estudos de Ban e Ramli (2011), os quais pesquisaram sobre cinzas de madeira e obtiveram como resultado do MEV uma grande rugosidade superficial.

4.3. TERMOGRAVIMETRIA (TGA) E CALORIMETRIA EXPLORATÓRIA DIFERENCIAL (DSC)

Os resultados das análises térmicas foram expressos no Gráfico para uma melhor análise da CBM.

Gráfico 2 – Termogravimetria e Calorimetria Exploratória Diferencial da CBM



Fonte: Autor (2023)

No gráfico termogravimétrico tem-se a variação da massa em função da temperatura, podendo perceber a baixa variação de massa da CBM até a temperatura

de 600 °C e uma variação brusca a partir dos 700 °C, perdendo aproximadamente 35 % de sua massa inicial à uma temperatura de 800 °C. De acordo com a curva da Calorimetria Exploratória Diferencial (DSC), na temperatura de 793,7 °C, é identificado uma reação exotérmica, devido ao pico orientado para acima, ocorrido possivelmente durante a oxidação da amostra. Pode-se concluir que o material é composto por uma grande quantidade de carbonato de cálcio (CaCO₃).

5. CONSIDERAÇÕES FINAIS

A caracterização química da cinza de biomassa de madeira (CBM), realizada através do método de espectroscopia por energia dispersiva, constatou que a cinza apresentou baixo teor de sílica (alumina e ferro). A somatória dos teores dos elementos em sua composição não satisfaz o valor mínimo de 50% exigido pela ABNT NBR 12653:2014 para que seja classificado como material pozolânico. Portanto, não se caracteriza quimicamente como pozolana. No entanto, as partículas apresentam finuras condizentes para uso em materiais cimentícios sem atividade química. Por fim, verificou-se nas análises térmicas que a cinza de biomassa apresenta grande quantidade de carbonato de cálcio presente na composição.

AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem ao Grupo de Pesquisa em Reaproveitamento de subprodutos e resíduos para produção de cimentos ambientalmente amigáveis (ReActive) da Universidade Federal do Ceará – Campus de Crateús.

REFERÊNCIAS

- AL-KUTTI, W.; ISLAM, A. B. M. S.; NASIR, M. Potential use of date palm ash in cement based materials. *Journal of King Saud University - Engineering Sciences*, Amsterdam, v. 31, n. 1, p. 26–31, 2019. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.jksues.2017.01.004>.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NOFMAS TÉCNICAS. NBR 12653: Materiais pozolânicos – Requisitos. Rio de Janeiro, 2014.
- ASSOCIAÇÃO NACIONAL DA INDÚSTRIA, C. E. R. A. M. I. C. A. (ANICER). Setor. Rio de Janeiro, 2017. Disponível em < <http://portal.anicer.com.br/setor/>>.
- ALMEIDA, L.S.; SOARES R.A.L.; MATOS, J.M.E. Efeito de resíduos de gesso e de granito em produtos da indústria de cerâmica vermelha: Revisão bibliográfica. *Revista Matéria* 25(1),e-12568. 2020.

- BAJPAI, R., CHOUDHARY, K.,SRIVASTAVA, A., et al.“Environmental impact assessment of fly ash and silica fume based geopolymer concrete,” Journal of Cleaner Production, v. 254, 2020.
- BAN, C. C.; RAMLI, M. The Implementation of Wood Waste Ash as a Partial Cement Replacement Material in the Production of Structural Grade Concrete and Mortar: an overview Resources, **Conservation and Recycling**, v. 55, n. 7, p.669-685, 2011.
- BENNACK, Valéria. (2016). Análise da viabilidade técnica da reutilização da cinza de madeira em produtos cimentícios. Dissertação de mestrado em Ciência e Engenharia de Materiais. Universidade Estadual de Santa Catarina. 133 p. Joinville, SC.
- BORLINI, M. C., SALES, H. F., VIEIRA, C. M. F. et al. —Cinza da lenha para aplicação em cerâmica vermelha. parte I: características da cinza||, *Cerâmica*, v. 51, n. 319, pp.192-196, set. 2005.
- CONCRETO ECOSMART. Impacto ambiental – produção de cimento e CO2 desafio. Canadá: Fundação Ecosmart; 2008.
- DIÁRIO DO NORDESTE. Ceará é o 5º do País em empresas ceramistas. 2014. Disponível em: <https://diariodonordeste.verdesmares.com.br/negocios/ceara-e-o-5-do-pais-em-empresasceramistas-1.1134275>.
- DEMIS, S., TAPALI, J. G., PAPADAKIS, V.G. Na investigation of the effectiveness of the utilization of biomass ashes as pozzolanic materials. *Construction and Building Materils* 68, pp. 291-300. (2014).
- M. GORI, B. BERGFELDT, J. REICHELDT, P. SIRINI. Efeito do envelhecimento natural na estabilidade do volume de RSU e resíduos de incineração de resíduos de madeira, *Waste Manag.* 33 (2013) 850–857
- MACEDO, P. C.; Dissertação de Mestrado, Universidade Estadual Paulista, 2009.
- MANSANEIRA, E. C. et al. Sugar cane bagasse ash as a pozzolanic material. *Dyna*, Colombia, v. 84, n. 201, p. 163–171.
- MEDEIROS, E. N. M; SPOSTO, R. M.; NEVES, G. A.; MENEZES, R. R. (2010). Incorporação de cinza de lenha, lodo de estação de tratamento de água e cinza de casca de arroz em massa cerâmica. Utilização da técnica de planejamento. (Grog incorporation in ceramic mass to manufacture of bricks. A study of the physical-mechanical properties). *Revista Cerâmica*. Nº 56. p. 399-404.
- RESENDE, D. S. (2013). Estudo do efeito da incorporação de cinzas de cavaco de Eucalipto como material suplementar. Tese de doutorado apresentado ao curso de Engenharia de Materiais pela Universidade Federal de Ouro Preto. 166 p. Ouro Preto-MG.

SAARSALMI A et al. 2001. Effects of wood ash fertilization on forest soil chemical properties. *Silva Fennica* 35: 355–368.

TAMANNA, K. et al. Utilization of wood waste ash in construction technology: a review. *Construction and Building Materials*, Amsterdam, v. 237, 2020.

TEIXEIRA, S. R.; DE SOUZA, A. E.; SANTOS, G. T. A.; PEÑA, A. F. V.; MIGUEL, A. G. Sugarcane bagasse ash as a potential quartz replacement in red ceramic. *Journal of the American Ceramic Society* 2008.

YOGITHA, B.; KARTHIKEYAN, M.; MUNI REDDY, M. G. Progress of sugarcane bagasse ash applications in production of eco-friendly concrete - review. *Materials Today: Proceedings*, Andhra Pradesh, v. 33, p. 695–699, 2020.

ESTUDO DAS CARACTERÍSTICAS MINERALÓGICAS E DE FORMA DOS GRÃOS DE AREIAS DE BRITAGEM DA REGIÃO METROPOLITANA DE FORTALEZA

STUDY OF THE MINERALOGICAL AND GRAIN SHAPE CHARACTERISTICS OF CRUSHED SANDS FROM THE FORTALEZA METROPOLITAN REGION

DOI: 10.51859/ampla.mas3200-19

Heloina Nogueira da Costa ¹
Antônio Eduardo Bezerra Cabral ²

¹ Universidade Federal do Ceará- Curso de Engenharia Civil - Campus Crateús

² Universidade Federal do Ceará- Departamento de engenharia estrutural e construção civil – Campus Pici.

RESUMO

A areia natural, amplamente utilizada em compósitos cimentícios, tem se tornado cada vez mais escassa. Por outro lado, é observado a crescente disponibilidade de areias de britagem. No entanto, algumas características dessas areias podem ser limitantes na sua aplicação em concretos e argamassas, como a sua mineralogia e aspectos de forma de grão. Portanto, o objetivo deste estudo é realizar a análise mineralógica e de forma dos grãos de areias de britagem da Região Metropolitana de Fortaleza. Para isso, realizou-se microscopia ótica e difração de raios x. As características de forma foram obtidas por processamento digital de imagens. Como resultado, foram categorizadas cinco areias de origem granítica, e duas de rocha fonólito. Todas as areias apresentaram estruturas cristalinas bem definidas, sem a presença de material vítreo. Quatro tipos de areias tiveram os grãos classificados no formato semialongado e duas como semicircular na análise em duas dimensões (2D). Quanto ao quesito angularidade, todas as areias foram classificadas como subarredondada. No entanto, observou-se que o tipo de britador e o processo de britagem pode favorecer a equidimensionalidade dos grãos.

Palavras-chave: Areia de britagem. Mineralogia. Forma do grão.

ABSTRACT

Natural sand, largely used in cementitious composites, has become increasingly scarce. On the other hand, it is observed the increasing availability of crushed sands. However, some characteristics of these sands can be limiting in their application in concretes and mortars, such as their mineralogy and grain shape aspects. Therefore, the aim of this paper is to perform the mineralogical and grain shape analysis of crushed sands from the Metropolitan Region of Fortaleza. For this, optical microscopy and x-ray diffraction were performed. The shape characteristics were obtained by digital image processing. As a result, five sands of granitic origin were categorized, and two of phonolite rock. All sands presented well defined crystalline structures, without the presence of glassy material. All sands showed well defined crystalline structures, without the presence of vitreous material. Four types of sands had their grains classified as semialongate and two as semicircular in the analysis in two dimensions (2D). As for the angularity requirement, all the sands were classified as subrounded. However, it was observed that the type of crusher and the crushing process can contribute to the equidimensionality of the grains.

Keywords: Crushed sand. Mineralogy. Shape of the grain.

1. INTRODUÇÃO

A utilização de agregado miúdo proveniente de britagem de rochas tem crescido nos últimos anos na construção civil. A introdução de novos paradigmas de sustentabilidade no setor, a sua ampla disponibilidade e o aprimoramento nos processos de britagem de rochas têm promovido o maior interesse pelo aproveitamento total desse material, que em algumas regiões do país ainda é um subproduto. Esse tipo de agregado é denominado areia de britagem.

A utilização de areia de britagem em concretos e argamassas tem sido testada por diversos pesquisadores, como Donza, Cabrera e Irassar (2002), Menossi et al. (2010), Silva e Prudêncio Jr (2013), Park (2012), Zhang, Zacaria e Hama (2013), Siqueira (2020), Campelo *et. al* (2022), entre outros. Esses estudos apontam para a viabilidade do uso de areia de britagem em substituição à areia natural, tendo em vista que, as características e propriedades do material compósito produzido vem atendendo aos requisitos técnicos necessários à segurança estrutural, além de aspectos ligados à sustentabilidade e à economia.

Algumas características dos agregados dependem exclusivamente da composição da rocha de origem, como dureza, absorção de água, presença de contaminantes, entre outros. Por outro lado, as características como a distribuição de tamanhos, forma e textura podem ser controladas durante o processo produtivo (ALMEIDA et al., 2005; GUIMARÃES; GOMES, 2020). Segundo Mehta e Monteiro (2014), as condicionantes das características dos agregados são a microestrutura da rocha matriz e sua exposição prévia, portanto, o grau de intemperismo e o processo de fabricação. Dessa forma, as propriedades dos agregados podem ser divididas em aquelas dependentes da porosidade e da composição química e mineralógica, como resistência e módulo de elasticidade; e aquelas dependentes das condições prévias e condições de produção, como tamanho, forma e a textura das partículas.

Algumas restrições são pontuadas no emprego da areia de britagem, sendo vinculadas às características de forma e textura dos grãos e ao seu elevado teor de material pulverulento (SHEN, 2018). A não uniformidade dessas características é verificada entre diferentes regiões e entre diferentes unidades produtoras, uma vez que são influenciadas pela composição mineralógica da rocha matriz e pelo processo



produtivo utilizado por cada pedreira. Portanto, o objetivo deste estudo é analisar as características mineralógicas e de forma dos grãos das principais pedreiras da RMF. Complementarmente, também são avaliados os parâmetros físicos e a composição química das areias.

2. MATERIAIS E MÉTODOS

As areias de britagem estudadas são provenientes de pedreiras localizadas na Região Metropolitana de Fortaleza. As amostras foram retiradas dos estoques das pedreiras, conforme especifica a ABNT NBR NM 27:2001, para posterior redução de amostras de campo para ensaios de laboratório. O material não passou por processos de lavagem ou peneiramento após a coleta, portanto, não foram descartadas as partículas abaixo de 75 μm . Neste experimento, as amostras foram identificadas conforme a fonte e o tipo de britador, como mostra o Quadro 1.

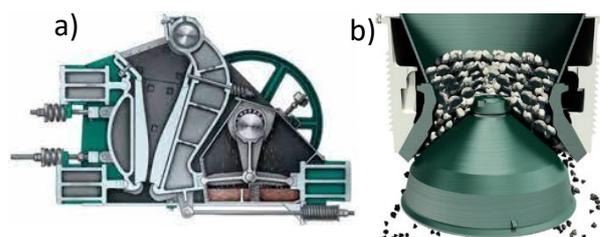
Quadro 1 - Identificação das areias e do processo de britagem

Identificação da amostra	Pedreira de origem	Britador primário	Britador secundário	Britador terciário	Britador quaternário
Areia A	Pedreira A	Mandíbulas	Cônico	Cônico	-
Areia B	Pedreira B	Mandíbulas	Cônico	-	-
Areia C	Pedreira C	Mandíbulas	Cônico	Cônico	-
Areia D	Pedreira D	Mandíbulas	Cônico	-	-
Areia E	Pedreira E	Mandíbulas	Cônico	Cônico	-
Areia F	Pedreira E	Mandíbulas	Cônico	Cônico	-
Areia G	Pedreira E	Mandíbulas	Cônico	Cônico	Cônico
Areia H	Pedreira F	Mandíbulas	Cônico	Cônico	-

Fonte: Autores (2023).

Para a primeira britagem, normalmente são empregados britadores de mandíbulas (CAVALCANTI; PARAHYBA, 2012), conforme visto no Quadro 1. Nas britagens secundária e terciária, geralmente são utilizados britadores giratórios cônicos, que apresentam como principal vantagem a capacidade de limitar a quantidade de finos produzidos (CEPURITIS; JACOBSEN; ONELLA, 2015). Nas Figuras 1a e 1 b são apresentados os britadores de mandíbulas e cônico, respectivamente.

Figura 1 – Britadores: a) mandíbulas; b) cônico



Fonte: Mesto Minerals

No britador de mandíbulas (Figura 1a), o esmagamento da rocha é feito por esmagamento da rocha contra a mandíbula (METSO MINERALS, 2005). Nos britadores cônicos (Figura 1b), ocorre pela combinação de compressão e atrito (ARNOLD, 2011).

Vale destacar que as areias E, F e G são provenientes da mesma jazida, a pedra E. O tamanho da abertura final do britador, no processo de britagem terciária, propicia uma característica granulométrica diferente para as areias E e F, enquanto que a areia G é produzida na britagem quaternária.

2.1. MÉTODOS DE ENSAIO

Os ensaios de caracterização realizados nas areias estão listados na Tabela 1.

Tabela 8 - Ensaios de caracterização das areias de britagem

Ensaio realizado	Norma/ procedimento de ensaio
Difração de raios X	Procedimentos do Laboratório de RX/UFC
Fluorescência de raios X	Procedimentos do Laboratório RX/UFC
Análise Petrográfica	ABNT NBR 7389-1:2009
Granulometria, módulo de finura e dimensão máxima característica	ABNT NBR 17054:2022
Massa específica	ABNT NBR 16916:2021
Absorção de água	ABNT NBR 16916:2021
Teor de Material Pulverulento	ABNT NBR 16973:2021
Análise da forma dos grãos	<i>Aggregate Image Measurement System (AIMS)</i>

Fonte: Autores (2023)

Tendo em vista que as areias E, F e G são oriundas de uma mesma pedra, apenas uma amostra de rocha foi utilizada tanto para o ensaio de fluorescência de raios x (FRX), difração de raios x (DRX) e petrografia.

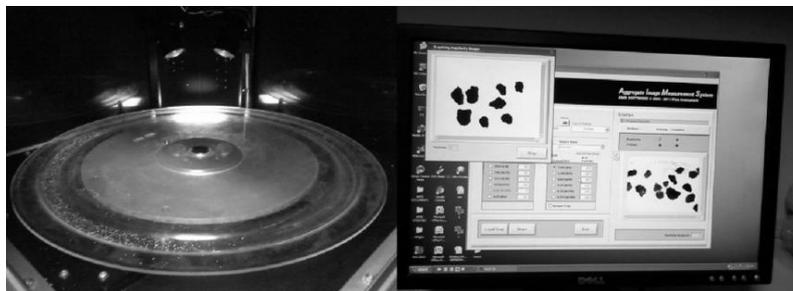
A análise da forma dos grãos foi realizada através de Processamento Digital de Imagens – PDI. Foi utilizado o *Aggregate Image Measurement System (AIMS)*, visando

obter às propriedades de forma (forma 2D) e angularidade (CASTELO BRANCO et al, 2006).

Para o agregado miúdo, o sistema fornece dois parâmetros: a forma 2D e a angularidade. A forma 2D quantifica a forma relativa de imagens bidimensionais das partículas de agregado. O seu índice varia de 0 a 20, sendo que quanto mais próximo de zero, mais a partícula de agregado terá a forma de um círculo perfeito. Já a angularidade é medida por meio do parâmetro gradiente e quantifica as mudanças ao longo das bordas das partículas e varia em uma escala de 0 a 10.000. De acordo com esse parâmetro, um círculo perfeito tem um valor de gradiente de angularidade muito baixo, tendendo a zero (BESSA, 2012).

Para a realização da análise de imagens em agregados miúdos utiliza-se as peneiras de abertura 4,75 mm; 2,36 mm; 1,18 mm; 0,6 mm; 0,3 mm; 0,15 mm e 0,075 mm, sendo utilizado o material retido em cada peneira. É realizada a análise em uma amostra de 150 grãos para cada fração separada, assegurando que a câmera não capture a mesma imagem mais de uma vez, conforme Figura 2.

Figura 2 - Equipamento AIMS (Aggregate Image Measurement System)



Fonte: Bessa (2012).

A metodologia de classificação dos agregados foi desenvolvida na University College Station, Texas-EUA, em 2004, utilizando uma série de ensaios em agregados de diversas origens mineralógicas. Foi utilizado o método estatístico dos clusters (agrupamentos) para as análises de cada propriedade obtida por meio do AIMS e para a determinação dos limites de classificação (BESSA, 2012), os quais são apresentados na Tabela 2.

Tabela 2 – Limites de classificação de Al Rousan

Propriedades	Valores limites/ Classificação			
		< 6,5	6,5 – 8,0	8,0 -10,5
Forma 2D	Circular	Semicircular	Semialongado	Alongado
	< 2100	2100 - 4000	4000 -5400	> 5400
Angularidade	Arredondado	Subarredondado	Subangular	Angular

Fonte: Bessa (2012).

Conforme os limites indicados na Tabela 2, as partículas que se concentram nas faixas circular e semicircular da forma 2D e nas faixas arredondado e subarredondo apresentam maior grau de esfericidade/circularidade, portanto são melhores para trabalhabilidade do concreto.

A areia natural também foi analisada para comparação com os resultados das areias de britagem, tendo em vista a avaliação dos possíveis efeitos da forma dos grãos nas propriedades dos concretos.

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

3.1. ANÁLISE MINERALÓGICA

A classificação petrográfica, com a identificação dos minerais principais e acessórios, assim como a textura das rochas que compõem as areias de britagem, é apresentada no Quadro 2.

Quadro 2 - Classificação petrográfica das areias

Areia	Rocha	Classificação petrográfica	Textura	Minerais principais	Minerais acessórios
A	Ígnea	Monzogranito	Inequigranular	Microclina. plagioclásio, quartzo, biotita, muscovita, minerais	Apatita
B	Ígnea	Monzodiorito	Inequigranular	Microclina. plagioclásio, quartzo, biotita, muscovita, minerais opacos.	Apatita
C	Ígnea	Monzogranito	Inequigranular	Microclina. plagioclásio, quartzo, biotita, muscovita, minerais opacos.	Apatita

Areia	Rocha	Classificação petrográfica	Textura	Minerais principais	Minerais acessórios
D	Ígnea	Monzodiorito	Inequigranular	Microclina. plagioclásio, quartzo, biotita, hornblenda, muscovita, minerais opacos,	Apatita
F e G	Ígnea	Fonólito	Porfírica	Feldspato potássico, piroxênio, hornblenda, nefelina, olivina, opacos. minerais opacos.	Apatita
H	Ígnea	Monzogranito	Inequigranular	Microclina. plagioclásio, quartzo, biotita,	Apatita

Fonte: Autores (2023).

A areias A, B, C, D e H são formadas por rochas ígneas intrusivas ou plutônicas. Conforme Cavalcanti e Parahyba (2011), as jazidas localizadas nas cidades de Itaitinga, Caucaia e Pacatuba na RMF, onde estão as pedreiras produtoras dessas areias, podem ser consideradas granitóides, portanto, variações do granito. A textura inequigranular das rochas intrusivas apresentam cristais de maiores dimensões, que podem ser vistos a olho nu. As areia F e G, cuja jazida está situada na cidade de Eusébio, são formadas por rochas ígneas extrusivas ou vulcânicas, sua textura porfírica indica uma massa formada por cristais de pequenas dimensões com a presença, em seu meio, de cristais de maiores dimensões (fenocristais). O perfil de concentração dos minerais das rochas estudadas está apresentado na Tabela 3.

Tabela 3 – Perfil de concentração dos minerais

Concentração dos minerais nas areias de britagem (%)							
Areia	Quartzo	Feldspatos		Mica		Feldspatos e piroxênios	Outros
		Mc	Pl	Bt	Msc		
A	30	35	20	6	3	-	5
B	5	15	50	20	3	-	7
C	33	23	27	8	4	-	5,8
D	5	10	55	20	3	-	9
F e G	-	-	-	-	-	70	17
H	33	30	22	6	3	-	4

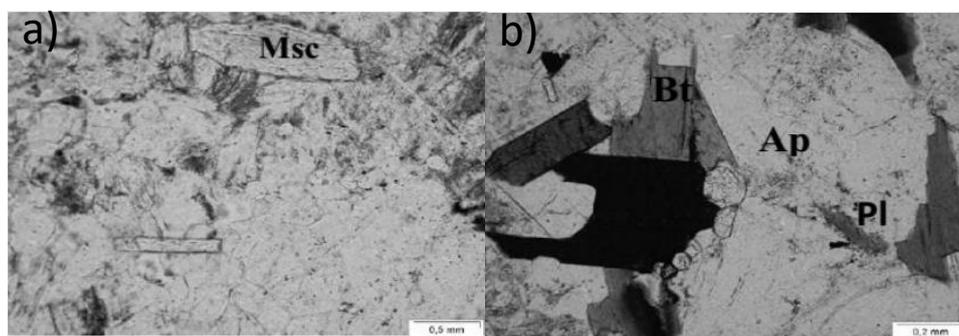
Legenda: Mc - Microclina; Pl - Plagioclásio; Bt - Biotita; Msc - Muscovita; Outros - minerais opacos, sericita, hornblenda, nefelina e olivina.

Fonte: Autores(2023).

O quartzo é o mineral predominante nas areias A, C e H, seguido dos feldspatos - microclina e plagioclásios, respectivamente. Rochas compostas com esses minerais, geralmente, são mais resistentes à fragmentação (PANG et al, 2010). Também são descritos pela ABNT NBR 7389-1:2009 como minerais com grãos inócuos, isto é, não reagem com a pasta de cimento e apresentam resistência físico-mecânica adequada para a fabricação do concreto. As areias B e D apresentam maiores teores de plagioclásio e microclina, assim como apresentam as maiores concentrações de mica, principalmente, biotita.

Na Figura 3a está apresentado a microscopia ótica da areia A, onde é visualizada a muscovita à luz natural. Na microscopia da areia D, apresentada na Figura 3b, é verificada a presença de biotita, apatita e plagioclásio.

Figura 3 - Microscopia ótica a) areia A; b) areia D



Legenda: Msc – Muscovita; Bt - Biotita; Ap - Apatita; Pl - plagioclásio.

Fonte: Autores (2023).

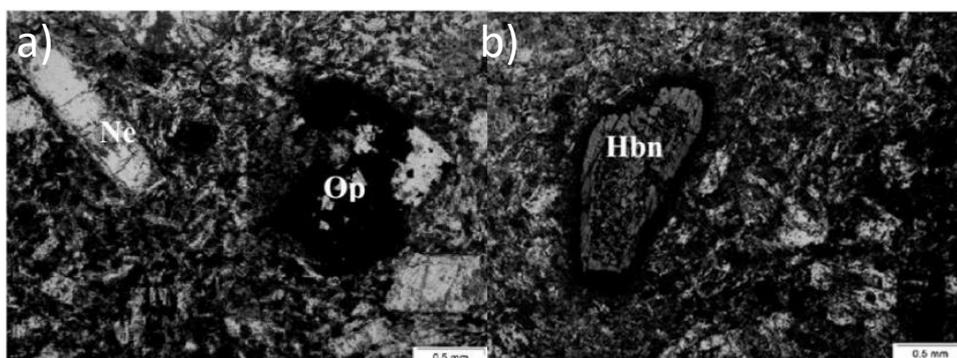
A presença de muscovita, assim como da biotita, também foram identificadas nas amostras das areias B, C e H. Esses minerais podem comprometer os concretos em termos de resistências mecânicas, devido aos planos de clivagem, comuns em minerais micáceos (LAGERBLAD, GRAM, WESTERHOLM, 2014). Conforme a ABNT NBR 7389-1:2009, altos teores desses minerais podem alterar a trabalhabilidade do concreto e aumentar a demanda por água ou ainda comprometer a aderência com a pasta de cimento.

As areias de britagem B e D apresentaram teores de materiais micáceos, biotita e muscovita acima de 20% em suas composições. A presença de altos teores de mica pode prejudicar a resistência mecânica e alterar a trabalhabilidade do concreto devido a presença de planos de clivagem, no entanto, Donza, Cabrera e Irassar (2003) afirmam

que o processo de esmagamento do agregado miúdo pode eliminar essas zonas de fraqueza, mas segundo Lagerblad; Blam; Westerholm (2014), a mica livre nas frações mais finas é difícil de se cubicizar (adquirir dimensões de comprimento, largura e espessura iguais ou aproximadas), pois os blocos tendem a dobrar em vez de quebrar, interferindo na forma dos grãos

A rocha fonólito (areias F e G) apresenta uma matriz microcristalina constituída por minerais máficos alterados, como o piroxênio e feldspato potássico, representando cerca de 70% da amostra. Os fenocristais de nefelina, horblenda e olivina encontram-se situados em meio a essa matriz, conforme mostra as microscopias óticas na Figura 4.

Figura 4 - Microscopia ótica com a presença de fenocristais no seio da matriz microcristalina: a) Areia F; b) Areia G



Legenda: Ne -fenocristais de nefelina; OP- Opacos; Hbn –Horblenda.

Fonte: Autores (2023)

Conforme a análise petrográfica, as rochas estudadas apresentam composição mineral e textura adequadas para o uso como agregado na fabricação do concreto, com características que conferem resistência mecânica adequada ao mesmo.

Os resultados da fluorescência de raios x, que estabelece o percentual de concentração dos elementos químicos que compõem cada areia de britagem avaliada, está apresentado na Tabela 4.

Tabela 4 - Composição química das areias de britagem

Elemento	Concentração dos elementos químicos (%)					
	A	B	C	D	F e G	H
Si	38,74	53,24	54,66	54,58	44,52	55,51
K	8,22	14,83	15,55	18,85	17,36	14,21
Al	12,00	9,15	8,56	10,96	14,54	9,44
Fe	20,40	11,17	10,34	7,21	10,15	10,26
Ca	14,83	8,63	8,83	6,14	5,73	8,96

Elemento	Concentração dos elementos químicos (%)					
	A	B	C	D	F e G	H
Na	-	-	-	-	4,55	-
Ti	3,06	2,14	1,63	1,08	1,16	1,05
Mn	0,68	0,30	0,26	-	0,73	0,38
Zr	0,50	-	-	-	0,32	-
Cl	-	-	-	0,06	0,29	-
P	0,98	-	-	-	0,23	-
Sr	0,30	0,39	0,09	0,13	0,20	0,16
Rb	-	0,10	0,07	0,16	0,12	-

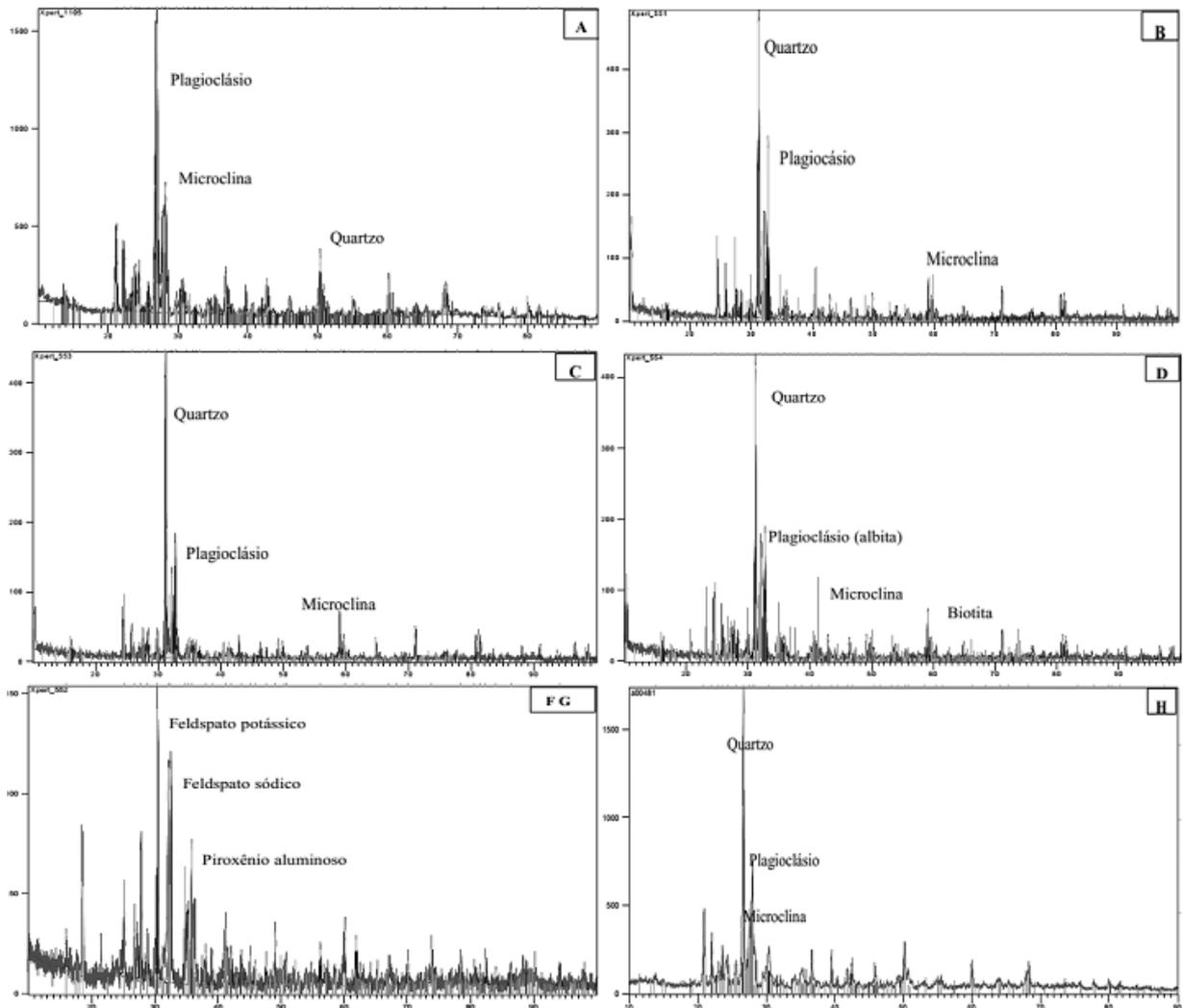
Fonte: Autores (2023)

Os elementos químicos silício (Si), alumínio (Al), potássio (K), ferro (Fe) e cálcio (Ca) são comuns em todos os tipos de areia de britagem e juntos representam cerca de 90% da composição das mesmas. A concentração dos componentes químicos das areias de britagem F e G são iguais porque possuem origem na mesma jazida, tendo sido ensaiado apenas uma amostra.

A Difração de raios X (DRX) é uma técnica utilizada para identificar e quantificar fases de compostos. Em análise de rochas é possível identificar os minerais que as compõem, por meio dos compostos químicos, e o seu grau de cristalinidade, por meio da intensidade dos picos formados por esses compostos. Segundo Marinoni (2012), a intensidade dos picos da DRX indica a organização cristalina dos minerais, sendo que quanto maior o pico, menos deformado se encontra o material, o que o torna mais estável. Os difratogramas de raios x das areias de britagem avaliadas estão apresentados nas Figura 5.

No difratograma da areia A, o plagioclásio e a microclina demonstram possuir maior nível de organização interna na sua estrutura, apresentando os picos mais intensos, enquanto que o quartzo apresenta leve intensidade. Já os difratogramas das areias B, C, e D apresentam o quartzo como material de maior intensidade na formação dos picos de cristalinidade, seguidos dos feldspatos sódicos e potássicos, plagioclásio e microclina, respectivamente. A rocha matriz das areias F e G possui composição de feldspatos sódicos e potássicos e piroxênios. No DRX da areia H apenas o quartzo apresentou pico de alta intensidade, caracterizando-se como material cristalino na composição da rocha.

Figura 5 - Difratogramas de raios X das areias de britagem: : A) Areia A; B) Areia B; C) Areia C; D) Areia D; FG) Areias F e G; H) Areia H.



Conforme apreciação dos resultados, as rochas estudadas são formadas por minerais de estruturas cristalinas bem definidas, desse modo, apresentam-se estáveis, sem riscos de reações deletérias quando utilizadas como agregado no concreto.

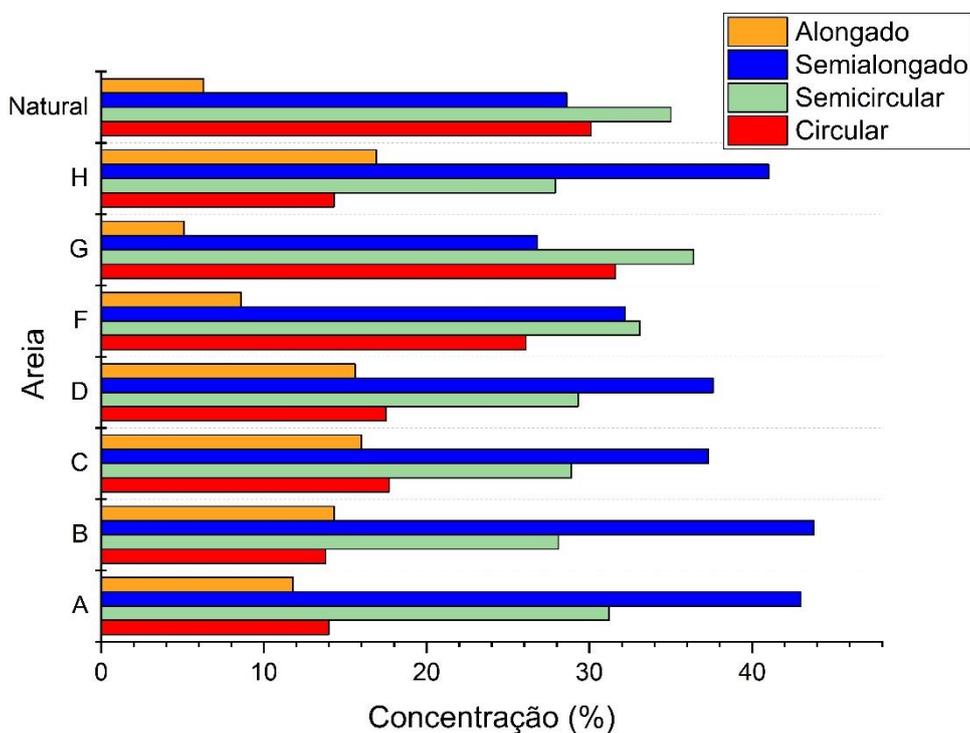
3.2. ANÁLISE DE FORMA DO GRÃO

Nas Figuras 6 e 7 está apresentado o perfil geral de concentração dos grãos para a classificação de forma 2D e de angularidade, respectivamente.

De acordo com o parâmetro de forma 2D, os grãos das areias A, B, C, D e H são classificados como semialongado, devido à maior concentração de grãos nessa faixa. Essas areias apresentam a faixa semicircular como a segunda maior faixa de concentração dos grãos.

As areias F, G e a areia natural possuem grãos concentrados, em sua maioria, na faixa semicircular. A areia F tem a segunda maior concentração na faixa semialongado, enquanto que a Areia G e a areia natural apresentam segunda maior concentração na faixa circular.

Figura 6 - Classificação de forma 2D dos grãos

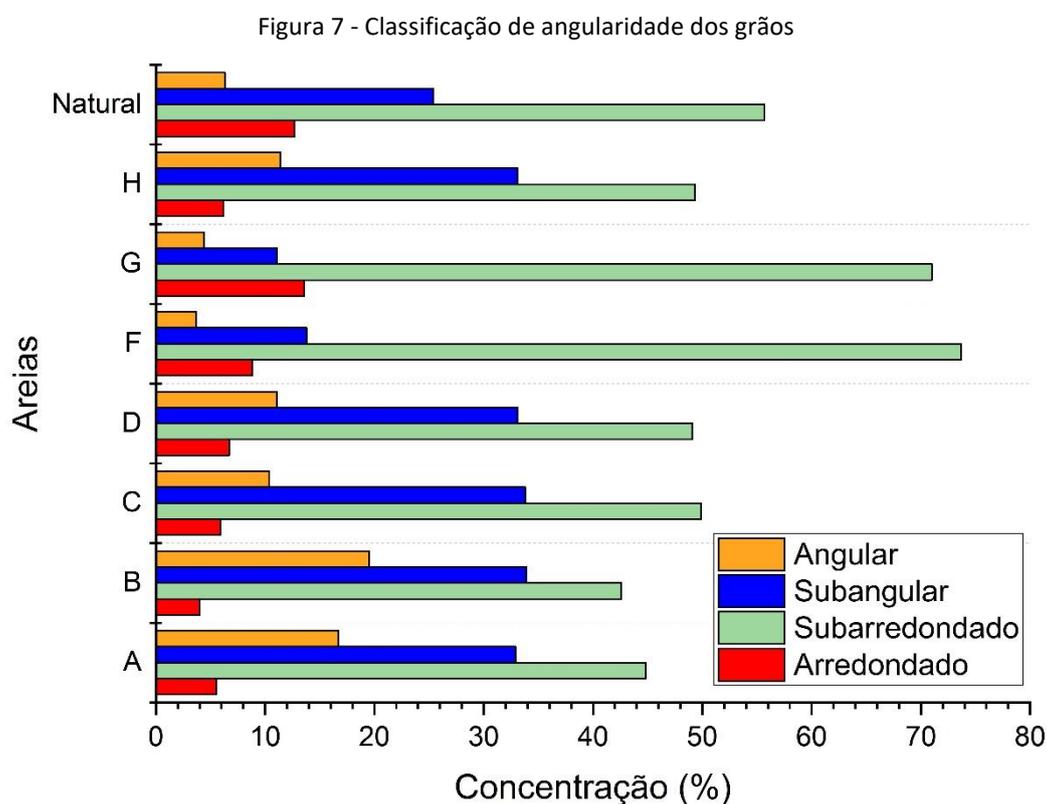


Fonte: Autores (2023).

Contudo, é relevante para a análise de forma, a concentração das partículas nos extremos - circular e alongado. Pode-se observar que as areias F, G e areia natural possuem maiores quantidades de grãos concentrados na faixa circular e pequenas quantidades na faixa alongado. As demais areias possuem concentrações semelhantes de grãos nos dois extremos. Conforme os trabalhos de Gonçalves et al. (2007), Westerholm et al. (2008), a equidimensionalidade das partículas é o principal parâmetro de forma dos grãos do agregado miúdo, uma vez que afeta de forma mais significativa a trabalhabilidade do concreto. Dessa forma, o parâmetro de forma 2D representa a equidimensionalidade dos grãos no âmbito bidimensional. Portanto, as areias F e G apresentam as melhores características de equidimensionalidade entre as areias estudadas, com características mais próximas as da areia natural. Isso ocorre devido às

configurações dos britadores terciário e quaternário que utilizam o processo de britagem úmido.

Na Figura 7 estão apresentados os percentuais de concentração dos grãos de areia em cada faixa da classificação do parâmetro angularidade. A angularidade é aqui considerada sinônimo do parâmetro grau de arredondamento.



Fonte: Autores (2023)

Nesse parâmetro, as areias A, B, C, D, F, G, H e natural apresentam grãos em maior concentração na faixa subarredondado. No entanto, é verificado que as areias F e G apresentam os percentuais de concentração mais elevado que as demais areias nessa faixa. As areias A, B, C, D, H, F e natural apresentam a faixa subangular com a segunda maior faixa de concentração dos grãos, enquanto a areia G apresenta a faixa arredondada. Nos extremos, faixas arredondados e angular, verifica-se que as areias A, B, C, D e H possuem maior concentração de grãos na faixa angular, enquanto que as areias F, G e natural concentram maior quantidade de grãos na faixa arredondado.

Essa característica de forma das areias de britagem é responsável pela demanda de um maior volume de pasta de cimento para promover um melhor empacotamento,

pois devido à maior quantidade de ângulos e arestas aumenta-se a área de superfície específica do grão (CORTES *et al.*, 2008; MEHTA; MONTEIRO, 2014; SHEN, 2018).

Por fim, na Tabela 5 são apresentados os demais parâmetros físicos das areias de britagem.

Tabela 5 – Parâmetros físicos das areias de britagem

Areia	Massa específica	Absorção de água	Pulverulento	Módulo de finura	DMC (mm)
A	2.670 kg/m ³	0,60%	10,56%	2,61	4,8
B	2.620 kg/m ³	0,40%	11,32%	2,21	4,8
C	2.540 kg/m ³	0,59%	14,72%	2,59	4,8
D	2.520 kg/m ³	0,88%	10,20%	2,46	4,8
F	2.380 kg/m ³	0,70%	10,10%	2,52	2,4
G	2.330 kg/m ³	1,04%	10,50%	2,21	2,4
H	2.610 kg/m ³	0,6%	8,31%	2,99	4,8

Fonte: Autores (2023).

As massas específicas das amostras de areia de britagem se encontram entre 2.330 kg/m³ e 2.670 kg/m³ valores similares aos encontrados nos trabalhos de Cabrera, Traversa e Ortega (2011), Park (2012), Zang, Zacaria e Hama (2013), Silva, Souza e Gomes (2019), portanto, considerados típicos para agregados de origem granítica.

O teor de material pulverulento (< 75 µm) das areias de britagem A, B, D, F, G e H se concentra na faixa de 8,3% a 11,3%. A areia D apresentou o percentual igual a 14,7%. Dessa forma, somente esta última não atendeu ao limite máximo de 12% para agregado miúdo britado utilizado em concretos protegidos do desgaste superficial, especificado pela ABNT NBR 7211/2009. Por outro lado, as pesquisas de Quiroga e Fowler (2003), Benabed *et al.* (2012) e Westerholm *et al.* (2008) apontam que até 15% de material pulverulento em areias de britagem pode ser considerado benéfico para o uso em concretos e argamassas por atuar como lubrificante entre as partículas de agregado. De modo geral, o maior teor de finos é responsável pelo maior consumo de água, aumentando a relação água/aglomerante (TIECHER; MARCON, 2020).

A ABNT NBR 7211:2009 classifica o agregado miúdo de acordo com o módulo de finura, sendo de 1,55 a 2,20 o módulo de finura de areias da zona utilizável inferior, de 2,20 a 2,90 da zona ótima e de 2,90 a 3,50 da zona utilizável superior. O módulo de finura das areias A, B, C, D, F e G estão entre 2,21 a 2,61, portanto, estão na zona ótima. Por outro lado, a areia E foi descartada para uso como agregado miúdo, por apresentar



módulo de finura (3,63) e distribuição granulométrica fora dos padrões da ABNT NBR 7211:2009. De modo geral, as areias de britagem possuem características granulométricas compatíveis para o uso em compósitos cimentícios, corroborando com Lima e Siqueira (2020).

4. CONSIDERAÇÕES FINAIS

O presente estudo realizou a análise mineralógica e de forma dos grãos de oito tipos de areia de britagem de seis pedreiras da Região Metropolitana de Fortaleza. Além disso, realizou-se ensaios acessórios para determinar a composição química e os índices físicos das areias. As principais considerações são elencadas a seguir:

- A análise mineralógica identificou cinco tipos de areia de britagem de rocha granítica, formadas principalmente pelos minerais de quartzo, feldspatos e micas, e dois tipos de areia de rocha fonólito, formadas principalmente por feldspatos e piroxênios.
- As rochas estudadas são formadas por minerais de estruturas cristalinas bem definidas, desse modo, apresentam-se estáveis, sem riscos de reações deletérias quando utilizadas como agregado no concreto
- Conforme a análise petrográfica, as rochas estudadas apresentam composição mineral e textura adequadas para o uso como agregado na fabricação do concreto, com características que conferem resistência mecânica adequada ao mesmo.
- Na análise de forma 2D, quatro tipos de areia foram classificados como semialongado. Enquanto duas foram classificados como semicircular. Na análise de angularidade, todas as areias foram classificadas como subarredondado. Além disso, verificou-se que o processo de britagem pode favorecer a equidimensionalidade dos grãos.

AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem à Agência Nacional de Mineração – ANM (DNPM); ao Laboratório de Raios x da Universidade Federal do Ceará; á FUNCAP; e por fim, à CAPES.

REFERÊNCIAS

- ALMEIDA, S.L.M.; SILVA, V.S. Areia artificial: uma alternativa econômica e ambiental para o mercado nacional de agregados. In: II SUFFIB – Seminário: O uso da fração fina da britagem. São Paulo, 2005.
- ARNOLD, D. C. M. Análise da influência da forma dos grãos nas propriedades das argamassas. 184 fls. Dissertação (Mestrado). Programa de Pós-graduação em engenharia civil da Universidade do Vale do Rio dos Sinos. São Leopoldo, 2011.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 7389-1/ 2009. Agregados- Análise petrográfica de agregado para concreto. Parte 1: Agregado miúdo. Rio de Janeiro, 2009.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 17054: Agregados -determinação da composição granulométrica- método de ensaio. Rio de Janeiro, 2022.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 16916: Agregado miúdo – determinação da densidade e da absorção de água. Rio de Janeiro, 2021.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 16973: Agregados – determinação do material fino que passa pela peneira de 75 µm por lavagem. Rio de Janeiro, 2021
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 7211: Agregados para concreto – especificações. Rio de Janeiro, 2009.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR NM 27: Agregados – Redução da amostra de campo para ensaios de laboratório. Rio de Janeiro, 2001.
- BENABED, B. et al. Properties of self-compacting mortar made with various types of sand. *Cement & Concrete Composites*. v.34, pp.1167-1173, 2012.
- BESSA, I. S. Avaliação do processamento digital de imagens como ferramenta para caracterização de agregados e misturas asfálticas. 120 fls. Dissertação (mestrado). Programa de Pós-graduação em engenharia de transportes da Universidade Federal do Ceará. Fortaleza, 2012.
- CABRERA, O. A.; TRAVERSA, L.P.; ORTEGA, N.F. Estado fresco de morteros y hormigones con arenas de machaqueo. *Revista Materiales de Construccion*. La Plata, Vol. 61, n.303, 401-416. Julho/Setembro, 2011.
- CAPELLO, M.C. FERREIRA, T.V.; MAIOLA, M.R.A. CAINZOS, R.L.P.; PELLINI, T. Estudo da viabilidade da substituição da areia natural por areia de britagem no concreto para fins estruturais. *Revista Terra & Cultura: Cadernos de Ensino e Pesquisa*, [S.l.], v. 38, n. especial, p. 63-83, set. 2022. ISSN 2596-2809



- CASTELO BRANCO, V. T. F. et al. Caracterização de Forma, Angularidade e Textura de Agregado de Brita Granítica e Escórias de Aciaria Usando o *Aggregate Imaging Measurement System (AIMS)*. In: XX Congresso de Pesquisa e Ensino em Transportes, ANPET, Brasília, DF.2006
- CAVALCANTI, V. M. M.; PARAHYBA, R. E. R. Indústria de agregados para a construção civil na Região Metropolitana de Fortaleza. Fortaleza: DNPM, 2011.
- CEPURITIS, R.; JACOBSEN, S.; ONELLA, T. Sand production with VSI crushing and air classification: Optimising fines grading for concrete production with micro-proportioning. *Minerals Engineering*. V.28.pp. 1-14. 2015.
- CORTES, D.D. et al. Rheological and mechanical properties of mortars prepared with natural and manufactured sand. *Cement and Concrete Research*. v.38, pp. 1142-1147, 2008.
- DONZA, H.; CABRERA, O.; IRASSAR, E.F. High-strength concrete with different fine aggregate. *Cement and Concrete Research*, v.32, 2002, p.1755-1761.
- GONÇALVES, J.P. et al. Comparison of natural and manufactured fine aggregates in cement mortars. *Cement and concrete research*. n.37, p. 924-932. 2007.
- GUIMARÃES, C.; GOMES, M.V.A. Areia de britagem como alternativa à areia natural na confecção de concreto: um panorama sobre o estado da arte. *Labor & Eng., Campinas, SP*, v.14, 1-8, e020005, 2020.
- LAGERBLAD, B.; GRAM, H.E.; WESTERHOLM, M. Evaluation of the quality of fine materials and filler from crushed rocks in concrete production. *Construction and Building Materials*. v.67, pp.121-126, 2014.
- LIMA, Leonardo Moreira; SIRQUEIRA, Alex. ESTUDO DA ADIÇÃO DE AREIA ARTIFICIAL DE SEROPÉDICA NA FLUIDEZ E RESISTÊNCIA DO CONCRETO. *Acta Scientiae et Technicae*, [S.l.], v. 7, n. 1, jan. 2020
- MARINONI, N. et al. Influence of aggregate mineralogy on alkali-silica reaction studied by X-ray powder diffraction and imaging techniques. *J. Mater Sci.* n° 47, p. 2845-2855, 2012.
- MEHTA, P. K.; MONTEIRO, P.J.M. *Concreto: microestrutura, propriedades e materiais*. 2ª ed. São Paulo: IBRACON, 2014.
- MENOSSI, R. T. et al. Pó de pedra: uma alternativa ou um complemento ao uso da areia natural na elaboração de misturas de concreto? *Revista HOLOS Environment*, São Paulo, V.10, N.2, P. 209. 2010.
- METSO MINERALS. *Manual de Britagem*. 6ª Ed. Sorocaba: METSO MINERALS.



- NEVILLE, A.M.; BROOKS, J.J. Tecnologia do concreto. 2ª Ed. Porto Alegre: Brookman, 2013.
- PANG, L. et al. Relationship between Petrographical and Physical Properties of aggregates. Wuhan University of Technology - Mater. Sci. Aug/2010.
- PARK, S. Study on the fluidity and Strength properties of high performance concrete utilizing crushed sand. International Journal of concrete structures and materials.v.6, n.4, pp. 231-237, December, 2012.
- PRUDÊNCIO JR, L.R. et al. Particle shape analysis of fine aggregate using a simplified digital image processing method. Magazine of Concrete Research. v.65. pp. 27-36. 2013.
- Shen, W., Liu, Y., Wang, Z., et al. (2018). Influence of manufactured sand's characteristics on its concrete performance. Construction and Building Materials, 172, pp. 574-583. DOI: 10.1016/j.conbuildmat.2018.03.139
- SILVA, G.B., SOUZA, F.R., GOMES, A.C.F. caracterização tecnológica de resíduo de britagem e sua avaliação como areia artificial. XXVIII Encontro Nacional de Tratamento de Minérios e Metalurgia Extrativa Belo Horizonte-MG, 4 a 8 de Novembro de 2019.
- SILVA, W.R.L.; PRUDÊNCIO JR, L.R. Avaliação da influência do tipo de beneficiamento no desempenho de agregados miúdos de britagem na produção de concreto usinado. In: Congresso Brasileiro do Concreto, 54, 2012, Maceió. Anais...Maceió: IBRACON, 2012.
- SIQUEIRA, T.P.L. Uso de finos de rocha granítica (FRG) e areia de britagem, produzidos na Região Metropolitana de Salvador (RMS), para a produção de concreto autoadensável. Dissertação. Universidade Federal da Bahia. Salvador, 2020.
- TIECHER, F.; MARCON, E. Estudo da produção de argamassas de revestimento contendo areia de britagem XVIII Encontro Nacional de Tecnologia do Ambiente Construído. Porto Alegre, 2020.
- ZHANG, W.; ZAKARIA, M.; HAMA, Y. Influence of aggregate materials characteristics on the drying shrinkage properties of mortar and concrete. Journal Construction and Building Materials. v.49. p.500–510, 2013.



CAPÍTULO XX

COMPOSIÇÃO QUÍMICA DE SOLO PARA IMPLANTAÇÃO DE *MUSA* SP. NO MUNICÍPIO DE TEOTÔNIO VILELA-AL

CHEMICAL COMPOSITION OF SOIL FOR IMPLEMENTATION OF *MUSA* SP. IN THE MUNICIPALITY OF TEOTÔNIO VILELA-AL

DOI: 10.51859/ampla.mas3200-20

Cosme Ângelo da Silva¹
Maria José de Holanda Leite²
Denise Maria Santos³
Alciênia Silva Albuquerque⁴
Carmen Hellen da Silva Rocha⁵
Graziela Pinto de Freitas⁶
Thamires Barroso Lima⁷
Antônio Costa Neto⁸

¹ Graduado em Agronomia. Universidade Federal de Alagoas – UFAL

² Professora do Campus de Engenharia e Ciências Agrárias da Universidade Federal de Alagoas – CECA/UFAL

³ Professora do Instituto Dom José de Educação e Cultura – IDJEC

⁴ Doutoranda em Ciências Florestais. Universidade Federal Rural de Pernambuco – UFRPE

⁵ Professora da Universidade Estadual do Maranhão - UEMA

⁶ Professora da Universidade Federal do Maranhão -UFMA

⁷ Professora do Instituto Federal de Ciência e Tecnologia do Maranhão - IFMA

⁸ Doutorando em Ensino. Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Rio Grande do Norte – IFRN

RESUMO

O presente trabalho buscou avaliar a fertilidade do solo, dando ênfase à quantificação dos nutrientes necessários para garantir a produtividade agrícola da cultura *Musa* sp. Analisou-se o potencial hidrogeniônico (pH), fósforo (P) e potássio (K⁺) acessível; cálcio (Ca⁺²) e magnésio (Mg⁺²) trocável; saturação por alumínio trocável (m%), capacidade de troca cátions CTC a pH 7,0 (T); saturação por bases (V%) e; matéria orgânica (MO). Conforme resultado da análise, foram obtidos os seguintes resultados: teores de pH (5,6); MO (14,1 g/kg) P (5,0 mg/dm³) K (110 mg/dm³), Ca²⁺ (3,42 cmolc/dm³), Mg²⁺ (2,53 cmolc/dm³); Al³⁺ (0,00 cmolc/dm³), H (4,41 cmolc/dm³), e CTC (T) (10,73 cmolc/dm³); m (0,0 %) e V (59 %). A partir dos resultados supracitados, sugere-se a aplicação de 1.103 kg de calcário calcítico com a finalidade de elevar a saturação por base para 70%, além da adição de 50 kg/ha de N e de 343,5 kg/ha de P₂O₅ e 96,7 kg/ha de K₂O. Vale destacar

que, suas aplicações no solo, devem ser realizadas através de fontes de 837,8 kg/ha de superfosfato triplo; 161,2 kg/ha de cloreto de potássio e 111 kg/ha de ureia. Também é essencial a adição de 30 a 50 t/ha de matéria orgânica como, por exemplo, esterco bovino ao solo, visando melhor aproveitamento do material pelas culturas.

Palavras-chave: Adubação. Manejo do solo. Nutrição mineral.

ABSTRACT

The present work sought to evaluate soil fertility, emphasizing the quantification of nutrients needed to ensure the agricultural productivity of the *Musa* sp. The hydrogenionic potential (pH), phosphorus (P) and potassium (K⁺) accessible were analyzed; exchangeable calcium (Ca⁺²) and magnesium (Mg⁺²); exchangeable aluminum saturation (m%), CTC cation exchange capacity at pH 7.0 (T); base



saturation (V%) and; organic matter (OM). As a result of the analysis, the following results were obtained: pH levels (5.6); MO (14.1 g/kg) P (5.0 mg/dm³) K (110 mg/dm³), Ca²⁺ (3.42 cmolc/dm³), Mg²⁺ (2.53 cmolc/dm³); Al³⁺ (0.00 cmolc/dm³), H (4.41 cmolc/dm³), and CTC (T) (10.73 cmolc/dm³); m (0.0%) and V (59%). From the above results, it is suggested the application of 1,103 kg of calcitic limestone in order to increase the base saturation to 70%, in addition to the addition of 50 kg/ha of N and 343.5 kg/ha

of P₂O₅ and 96.7 kg/ha of K₂O. It is worth noting that its applications in the soil must be carried out through sources of 837.8 kg/ha of triple superphosphate; 161.2 kg/ha of potassium chloride and 111 kg/ha of urea. It is also essential to add 30 to 50 t/ha of organic matter, such as cattle manure to the soil, in order to make better use of the material for crops.

Keywords: Fertilization. Soil management. Mineral nutrition.

1. INTRODUÇÃO

A banana (*Musa sp.*) é uma das frutas mais consumidas no mundo, produzida em grande escala nos países tropicais. O Brasil é um dos maiores produtores mundiais do fruto, ocupando o quarto lugar, totalizando 6,7 milhões de toneladas (IBGE, 2020). Entre os estados brasileiros, São Paulo, Bahia, Minas Gerais e Santa Catarina destacam-se pela produção nacional. A bananicultura se caracteriza como uma atividade de grande importância econômica em todo o mundo. No Brasil, sua ampla produção se deve ao fato da sua capacidade de adaptação na maioria das regiões, além do rápido retorno do capital investido, uma vez que, dependendo da cultivar, chega a dar retorno já no primeiro ano de plantio (DINIZ et al., 2014).

No estado de Alagoas, o cultivo da bananeira é uma atividade rentável para pequenos e médios produtores, entretanto a maioria dos plantios se localiza em regiões de mata e próximo à costa. Visando altas produtividades e bom desenvolvimento da cultura da bananeira, é necessário suprir todas as suas exigências nutricionais. Embora uma pequena parte dos nutrientes seja suprida pelo solo e resto de culturas que ficam das colheitas anteriores, para que o seu potencial produtivo seja expresso, é necessário a aplicação de corretivo como calcário e fertilizantes químicos, bem como matéria orgânica para maior aproveitamento dos nutrientes (LOPEZ, 1994).

Além disso, a quantidade de fertilizante a ser aplicada para a cultura depende do seu potencial genético produtivo, densidade populacional de planta, estado fitossanitário e, principalmente, da relação dos nutrientes no solo e do sistema radicular, o qual é de grande importância na absorção dos minerais. Sabe-se que, o nitrogênio (N) e o potássio (K) são os elementos mais requeridos e importantes para o crescimento e desenvolvimento da planta, visto que são os macronutrientes mais absorvidos e atuam, entre outras funções, no aumento do número de pencas e promove a produção de



cachos e pencas, respectivamente; enquanto que o fósforo (P) atua nas funções dos órgãos florais, sendo o elemento mais exportado pelos frutos (BORGES et al., 2015).

Vale destacar que o desequilíbrio entre nitrogênio e potássio desencadeia problemas de pós-colheita, pois leva a abscisão de frutos que já estão maduros no cacho. A baixa quantidade de potássio leva ao acúmulo de nitrogênio na forma amoniacal que, quando em excesso, leva a uma grande dificuldade na frutificação do cacho, produzindo cachos com pencas espaçadas e com pouca resistência no transporte (GUERRA et al., 1986).

Assim, o presente trabalho foi desenvolvido com o objetivo de verificar as concentrações dos elementos contidos no solo no município de Teotônio Vilela/Alagoas, na fazenda Laudelino, para a implantação de *Musa* sp. para maior produtividade agrícola. Além disso, pesquisa visa mostrara aos agricultores que solos com media fertilidade não iram necessitar de grandes adubações para se ter uma melhor produção, tendo assim menos gasto na implantação da cultura.

2. MATERIAL E MÉTODOS

O presente trabalho foi conduzido na fazenda Laudelino, localizado no município Teotônio Vilela (Figura 1), onde se encontra a Mesorregião do leste de Alagoas, com latitude 09 °54` 22 " e longitude 36 ° 21 '08" Oeste, a 156 metros de altitude e 101 km da capital. O clima é classificado com temperatura média de 24°C e precipitação em média anual são de 1134 mm/ ano (MASCARENHAS et al., 2005). Apresenta relevo ondulado ou levemente ondulado sendo frágil e suscetível à erosão devido ao seu declive de (5 a 10% de declive) (VERDUM et al., 2016).

Os solos da região apresentam diversas características na sua natureza pedológica, tais como Latossolos e podzólicos em altos e altos resíduos; Com Podzol Fragipã, Podzol Plinticos e Podzois em baixas depressões no plano, pela concrecion Podzólicos em áreas secas, mortas e declive e gleissolos e solos aluviais nas áreas mais baixas (MASCARENHAS et al., 2005).



Figura 1 - Área de 1 hectare da fazenda Laudelino em Teotônio Vilela- AL



Fonte: (Silva, 2019).

A pesquisa foi realizada entre os anos de 2019 a 2020, onde coletas de solo foram realizadas de forma aleatória em 1 hectare (ha) na camada de 0-20 cm de profundidade, totalizando 15 amostras, cada uma com aproximadamente 0,5 dm³ de solo, a partir de coleta simples foram misturadas para compor uma única amostra composta e desta retirou-se 1 kg de solo para posteriores análises da fertilização. As análises foram realizadas no laboratório de solo do Campus de Engenharias e Ciências Agrárias (CECA) da Universidade Federal de Alagoas (UFAL), localizada no município de Rio Largo, AL.

Os parâmetros estabelecidos para quantificação foram o potencial hidrogeniônico (pH), fósforo (P) e potássio (K⁺) acessível; cálcio (Ca⁺²) e magnésio (Mg⁺²) trocável; saturação por alumínio trocável (m%), CTC a pH 7,0 (T); soma de base (V%) e; matéria orgânica (MO). Estes são índices determinantes na fertilidade do solo.

As recomendações, interpretações e cálculos de adubação para o solo, posteriormente para implantação de cultivo de bananeira, foram realizados baseados no Manual de Recomendação de Calagem e Adubação para o Estado do Espírito Santo (PREZOTTI et al., 2007).

Tendo em vista, os valores dos elementos apresentados no solo pela análise química de solo foram classificados em baixo, médio e alto. A quantidade de pH, P, k+, Ca+2, Mg+2, V%, m%, SB, Al+3, CTC e MO.

Os resultados dos teores de nutrientes foram determinados mediante análise química do solo e comparados com os valores de referência, dispostos na tabela 1 de interpretação, o que permite melhor entendimento para a classificação do nível de

fertilidade do solo e posterior indicação da quantidade de corretivos e de fertilizantes a ser aplicada para melhor crescimento e desenvolvimento da cultura, maximizando sua eficiência.

Tabela 9 - Classe de interpretação para os elementos pH, P, K, m%, V%, MO, Ca, Mg - Padrões referenciais médios para avaliação de resultados de análise de solos, adaptado de Prezotti et al., 2017.

Elementos/ Unidade	Método	Padrões ou níveis nutricionais		
		Baixo	Médio	Alto
pH	Água	< 5,0	5,0-5,9	>6,0
P mg/dm ³	Mehlich-1	< 5,0	5,0-10	> 10
K mg/dm ³ cmolc/dm ³	Mehlich-1	< 60	60-150	> 150
Ca cmolc/dm ³	KCl 1 mol/L	< 1,5	1,5-4,0	> 4,0
Mg cmolc/dm ³	KCl 1 mol/L	< 0,5	< 0,5	> 1,0
m %	Al/t x 100	< 50	50-70	>70
V %		< 50	50-70	>70
CTC (T) cmolc/dm ³	SB+H+Al	< 4,5	4,5-10	> 10
MO dag/kg	Calorímetro	< 1,5	1,5-3,0	> 3

Legenda: pH (acidez ativa) = potencial de hidrogênio, P= fósforo, K+= potássio, Ca= Cálcio, Mg= magnésio, Na+= Sódio, Al³⁺ (Alumínio): indica acidez trocável, H + Al (acidez potencial ou total): é a acidez trocável e não trocável, V % (saturação por bases) é a proporção da troca catiônica, CTC total ou T =capacidade de troca catiônica, m %=Saturação por Al³⁺, MO=matéria orgânica.

Fonte: Padrões referenciais médios para avaliação de resultados de análise de solos; adaptado de Prezotti et al., 2017.

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

3.1. ANÁLISE QUÍMICA DO SOLO

Observa-se que, na profundidade de 0–20cm, o solo apresentou uma acidez média de 5,6 (Tabela 2). Sabe-se que valores médios de pH entre 5,5 e 6,5 são considerados ideais para a maioria das culturas, por apresentar disponibilidade intermediária de micronutrientes e ausência de Al³⁺ (tóxico). Assim, quanto maior disponibilidade dos elementos no solo, as plantas têm maior absorção do fertilizante e aproveitamento dos nutrientes, mantendo um nível adequado para um bom crescimento e desenvolvimento (SANTOS et al., 2008).



Na ausência de acidez do solo elevada, os minerais nele disposto podem ser explorados em maiores quantidades. A carga negativa do solo é um fator fundamental, podendo ser permanente ou temporário, além de que, a depender do valor do pH e das argilas existentes, promove o crescimento das plantas e raízes por encontrar nutrientes e água no solo de forma disponível às plantas (RAIJ, 1991).

Com base na amostragem de solo da camada superficial 0–20 cm de profundidade, o nível de P (5 mg/dm^3) se mostrou mediano (Tabela 2), nessas condições, apenas algumas culturas perenes, a exemplo da bananeira, uma vez que a formação de rebentos na base da planta possibilita sua constante renovação e conseguem manter sua produtividade em média. Provavelmente, nesse solo as plantas terão um rendimento médio. A quantidade adequada no solo, suficientes para chegar a 40% a 45% da produção, desse modo, na omissão ou não aplicação de P na cultura não trará bons resultados.

A quantidade de fertilizante fosfatado a ser aplicado depende de fatores dos solos e das plantas. Assim, a faixa de melhor desenvolvimento da planta perenes está em 20 mg/dm^3 com essa quantidade de fósforo, a absorção e a eficiência aumentam com a diferente forma de aplicação: linha, faixa e lanço, sendo este último mais eficiente na exploração de volume do solo pelo sistema radicular (SILVA et al., 2008)

O potássio (K) teve resultado de 110 mg/dm^3 , sendo classificado como médio (Tabela 2). Este solo mostra que possui uma quantidade média de potássio, possivelmente devido a rocha de origem ser rica nesse elemento químico, onde sofreu nível de intemperismo, liberando assim a quantidade de potássio ao solo, sendo disponibilizado ao longo do tempo. A quantidade de potássio a ser absorvido pela planta depende do seu teor no solo e da concentração de cátions básicos, como Ca e Mg ligado no sítio de troca (MENDES, 2007)

Assim, recomenda aplicar a quantidade de potássio ($>150 \text{ mg/dm}^3$) conforme a necessidade da cultura, tendo em vista o aproveitamento máximo pela planta e exportação adequada dos elementos pelo sistema radicular (RAIJ, 1991). No entanto, altos teores de potássio possibilitam um melhor desenvolvimento de algumas culturas como a banana, que é bastante exigente pelo elemento (PREZOTTI et al., 2007).

As quantidades de cálcio trocável (Ca^{2+}) foram classificadas como médios, obtendo valor de $3,42 \text{ cmolc/dm}^3$. Os níveis de magnésio (Mg^{2+}) foram altos ($2,53$



cmolc/dm³). Sendo assim, o uso de fertilizantes para correção da acidez do solo é de fundamental importância para a produção agrícola por fornecer os minerais necessários. Os solos com teores de Ca/Mg trocável igual ou abaixo de 2,0 a 0,5 cmolc/dm³ são considerados deficientes. Desse modo, a relação Ca/Mg tem que ser igual 3:1, sendo sempre mantido para melhor eficiência da cultura (COMISSÃO DE FERTILIDADE DE SOLOS E QUÍMICOS-RS / SC, 2004).

A saturação de Al³⁺ alumínio foram muito baixas (0%) (Tabela 2). O solo está livre de toxicidade por alumínio trocável, o qual dificulta o desenvolvimento do sistema radicular e da planta. Assim, a redução do crescimento da raiz das plantas tem como causa o alumínio tóxico, esse fenômeno impede a absorção de água e nutrientes, pois isso deixa as raízes mais superficiais e fragilizadas, dificultando a exploração por água e nutrientes nas camadas mais baixas do solo. A toxidez por alumínio na solução do solo aparece em pH da água abaixo de 5,5, e à medida que o pH diminui, aumenta os teores do Al³⁺ no solo, potencializando seu efeito tóxico na planta (EMBRAPA, 2006).

O alumínio é considerado o maior inimigo das plantas na agricultura (JANSEN et al., 2003), porém, neste trabalho, verificou-se que os teores de alumínio trocáveis se apresentaram em condições adequadas às práticas agrícolas. Assim, a saturação de base entre 50–70% apresenta uma boa condição de produtividade para a cultura, excelente indicativo das condições de fertilidade do solo, sendo também atribuída à classificação do mesmo. Os solos podem ser classificados ainda quanto a seu V%, sendo, assim, solos eutróficos (férteis) = V% ≥ 50%; solos distróficos (pouco férteis) = V% < 50%. Como o solo em estudo apresenta uma saturação por base (V%) natural = V% ≥ 50%, isso o caracteriza como um solo fértil, diferente de outro distrófico (pobre), que tem um V% < 50%, indicando quantidade de cátions trocáveis, estando Ca²⁺, Mg²⁺ e K⁺ em menor quantidade retida nas cargas negativa do solo, mas naturalmente estando sendo adsorvida por H⁺ e Al³⁺ (RONQUIM, 2010).

A CTC Total em pH 7, conforme demonstrada na tabela 2, foi classificada como alto (>10 cmolc/dm³). Solos com teores elevados de capacidade de troca de cátions apresentam um grande poder tampão, isso significa que precisará de grande quantidade de calcário para alterar o pH (RONQUIM, 2010). O manejo e adição da matéria orgânica (MO) no sistema são muito importantes, pois contribui para a ciclagem de nutrientes e para constituição dos agregados do solo, formando um solo grumoso. Plantas de



cobertura são uma prática que ajuda bastante contra danos a física do solo, como também contribui para formação de novas cargas variáveis do solo quando se decompõe, assim a MO alterando a química dos colóides do solo. O material orgânico contribui de 56 a 62% da CTC a pH 7, mostrando que o mesmo possui mais cargas negativas do que qualquer argila (RAIJ, 1996).

A matéria orgânica do solo (MOS) foi considerada baixa, apresentando 1,4% ou 1,4 dag/kg, porém, ressalva-se que é um material de grande valia para o manejo agrícola sustentável, pois seu efeito de atingir o solo de forma direta consegue modular os atributos químicos, físicos e biológicos do solo, assim tornando-se um grande indicador da fertilidade do solo. MOS é considerado um grande contribuidor de fertilidade e fornece nutrientes às plantas, além de ajuda na infiltração de água no solo, armazenamento de água, estruturação e susceptibilidade do solo à erosão, sendo outros benefícios marcantes como: capacidade de troca de cátions, ciclagem de nutrientes, biota do solo (CONCEIÇÃO et al., 2005).

O indicado é sempre manter um teor de MOS alto (> 5 dag/kg) para apresentar uma CTC alta, resistência de alteração do pH e um poder tampão maior, embora seja preciso aplicação de maiores quantidades de calcário para elevação da saturação por base. Isto acontece devido a elevada CTC, e da adsorção de altas quantidades de elementos e, também, de Al^{3+} . Devido a disponibilidade de nutrientes ser grande, os vegetais conseguem se alimentar normalmente, mesmo na presença de Al^{3+} (PREZOTTI et al., 2007).

Tabela 10 - A análise química do solo (camada de 0 a 20 cm), da fazenda Laudelino, localizada no município Teotônio Vilela, Alagoas.

Profundidade	pH	P	K+	Ca+	Mg+	Al^{3+}	T	Na+	H+Al	V	MO	
<i>H₂O</i> mg/dm ³			cmolc/dm ³					% g/kg				
0-20 cm	5,6	5	110	3,42	2,53	0,03	10,72	20	4,41	59	14,1	

Legenda: pH (acidez ativa) = potencial de hidrogênio, P= fosforo, K+= potássio, Ca= Calcio, Mg= magnésio, Na+= Sódio, Al^{3+} (Alumínio): indica acidez trocável, H+ Al (acidez potencial ou total): é a acidez trocável e não trocável, V % (saturação por bases) é a proporção da troca catiônica, CTC total ou T =capacidade de troca catiônica, m %=Saturação por Al^{3+} , MO=matéria orgânica.

A análise de solo é de grande importância na agricultura moderna, sendo uma prática de essencial no processo de correção do solo e adubação, que começa com uma boa amostragem de solo, seguindo com análise química e a verificação da quantidade

adequada dos nutrientes para uma aplicação adequada de adubação e calagem, onde esse processo termina com a aplicação dos insumos. Para que ocorra uma boa eficiência na análise de solo, é necessário se ter conhecimento científico para que as quantidades dos nutrientes sejam recomendadas corretamente, evitando erro de aplicação de corretivos e fertilizantes (PECK; SOLTANPOUR, 1990).

Desse modo a análise de solo é a ferramenta mais eficiente para quantificar e avaliar a fertilidade, corrigindo a acidez e adubação do solo e permitindo nutrir as plantas de bananeira adequadamente para ser ter uma maior produtividade e que assim expresse seu potencial genético. É muito importante para o estabelecimento de um bananal se ter sempre avaliação da fertilidade ao longo do tempo, pois é fundamental para um cultivo mais sustentável.

3.2. IMPORTÂNCIA DOS NÍVEIS DE POTÁSSIO NO SOLO PARA AS CULTURAS ANUAIS E PERENES

Estudos realizados por Gava (1997), Brunetto et al. (2005) e Wendling et al. (2008) relataram que a disponibilidade de K no solo para culturas anuais e perenes é a maior limitação a produtividade em solos com teores de 14 mg/dm^3 de desse nutriente, não sendo suficiente para suprir as necessidades das plantas, sendo necessário e importante sua aplicação em plantios sucessivos para aumentar a quantidade do nutriente no solo. Este deve ser manejado de forma adequada para não haver perda por lixiviação devido ao seu transporte ser através de fluxo em massa.

Solos que contêm potássio com 65 mg/dm^3 , apresentam uma condição média para o crescimento e desenvolvimento da planta, suprimindo assim suas necessidades e tornando o cultivo da lavoura mais econômico e rentável, além de proporcionarem uma série de benefícios às plantas.

Melo et al. (2006) realizando estudos em relação a interação entre os elementos nitrogênio e potássio durante a fase de crescimento da bananeira, verificou que o solo, quando bem abastecido com ambos elementos, aumenta a altura da planta e a circunferência do pseudocaule, apresentando maior produtividade e desenvolvimento da planta, preparando-a para a fase produtiva, o que demonstra que o nitrogênio e potássio têm grande importância no primeiro ciclo da cultura, por possuir uma série de benefícios, não só para bananeira, mas também para todas as plantas.

É importante destacar que, o solo em questão possui médios teores de potássio, o que torna este diferente dos demais solos da região. Sendo assim este tem potencialidade em suprir as necessidades das culturas principalmente de plantas perenes como bananeiras que demanda por média quantidade do elemento para sua produção, além disso, traz também uma economia no uso de fertilizante como K_2O .

4. CONCLUSÃO

Recomenda-se aplicação de 1.103 kg/há calcário calcífico, para elevação da saturação de base de 59% para 70%, assim como 50 kg/ha de N nitrogênio, 343,5 kg/ha de P_2O_5 e 96,7 de kg/ha de K_2O . Essas quantidades poderão ser aplicadas ao solo através de fontes de 837,8 kg/ha de superfosfato triplo; 161,2 kg/ ha de cloreto de potássio e 111 kg/ha de ureia.

Vale destacar que, também é essencial adição 30 a 50 t/ha matéria orgânica (esterco bovino) no solo de 30 a 60 dias antes do plantio visando melhor aproveitamento do material pelas culturas. Tendo em vista que, o uso de composto orgânico como esterco bovino no cultivo da bananeira é viável, uma vez que concede aumento na produtividade e maior rendimento na cultura.

Solos com teores médios e altos de potássios possibilitam a implantação de culturas mais exigentes pelo nutriente, assim tendo menor gasto de fertilizante potássico como K_2O . Também permitiu verificar que solos com teores acima de 60 mg/dm^3 do elemento tem as melhores condições para implantação das culturas mais exigentes, como exemplo a bananeira.

REFERÊNCIAS

- BORGES A. L. et al. Nutrição e adubação. In: FERREIRA, C. F.; SILVA, S. D. O.; AMORIM, E. P.; SANTOS-SEREJO, J. A. (ed.). O agronegócio banana. Brasília: Embrapa, 2015. p. 331-398.
- MELO, B.F et al. Crescimento e produção de frutos de bananeira cultivar “Grand Naine” relacionados à adubação química. C, Fortaleza, CE, p. 4, 2006.
- BRUNETTO, G. et al. SEÇÃO IV - FERTILIDADE DO SOLO E NUTRIÇÃO DE PLANTAS: Nível Crítico E Resposta Das Culturas Ao Potássio Em Um Argissolo Sob Sistema Plantio Direto. N, Viçosa, MG, p. 7, 2005.



- MASCARENHAS, C.J et al. Projeto Cadastro De Fontes De Abastecimento Por Água Subterrânea Estado de Alagoas: Diagnóstico Do Muniá Pio De Senador Teotônio Vilela. P, Recife, PE, p. 16, 2005.
- MAROUELLI, W. A. **Comissão de Química e Fertilidade do Solo, 2004.** 400 p.
- CONCEIÇÃO, P.C. et al. Qualidade do solo em sistemas de manejo avaliada pela dinâmica da matéria orgânica e atributos relacionados. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v.29, p.777-788, 2005.
- DINIZ, T. T. et al. Uso de subprodutos da bananicultura na alimentação animal. **Revista Colombiana de Ciência Animal Recia**, v. 6, p. 194-212, 2014.
- EMBRAPA - EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA. Centro Nacional de Pesquisa de Solos. Sistema Brasileiro de Classificação de Solos. 2. ed. Rio de Janeiro, 2006. 306p.: il.
- GAVA, J.L. Efeito da adubação potássica em plantios de E. grandis conduzidos em segunda rotação em solos com diferentes teores de potássio trocável. E, Angatuba, SP, p. 6, 1997.
- GUERRA, M. P. et al. Resposta da bananeira-“Branca” (Grupo AAB) a diferentes níveis de nitrogênio e potássio. In: CONGRESSO
- LSPA - Levantamento Sistemático da Produção Agrícola. IBGE, 2020. Disponível em: <<https://sidra.ibge.gov.br/acervo#/S/Q>>. Acesso em: 9 de setembro de 2021.
- LÓPEZ M., A. Fertilización del cultivo de banano con diferentes doses de nitrógeno, fósforo y potássio. In: REUNIÓN DE LA ACORBAT, 10., 1991, Tabasco. Memórias... San José: CORBANA, 1994. P.65-79.
- MENDES, A.M.S. Introdução A Fertilidade Do Solo. I, Barreiras-BA, p. 64, 1 jun. 2007.
- PREZOTTI, L. C. et al. Manual de recomendação de calagem e adubação para o estado do Espírito Santo – 5o aproximação. Vitória, ES: SEEA/INCAPER/CEDAGRO, 2007. 305p.
- PECK, T.R.; SOLTANPOUR, P.N. The principles of soil testing. In: WESTERMAN, R. L. (Ed.). Soil testing and plant analysis. 3rded. Madison, Soil Science Society of America, 1990. p.1-9.
- RONQUIM, C.C. Boletim de Pesquisa e Desenvolvimento: Conceitos de fertilidade do solo e manejo adequado para as regiões tropical. B, campinas, SP, ed. 1, p. 27, novembro, 2010



RAIJ, B.V. et al. Recomendações de adubação e calagem para o Estado de São Paulo. Boletim Técnico, 100. 2ª. ed. Campinas: Instituto Agrônomo, Fundação IAC, 285 p., 1996.

RAIJ, B.V. **Fertilidade do solo e adubação**. Piracicaba: Ceres/Potafos, 1991. 343p.

SANTOS, D.R et al. Fatores que afetam a disponibilidade do fósforo e o manejo da adubação fosfatada em solos sob sistema plantio direto. F, Chapecó, SC, p. 11, 2008.

VERDUM, Roberto *et al.* MÉTODOS E TÉCNICAS PARA O CONTROLE DA EROSÃO E CONSERVAÇÃO DO SOLO. M, Porto Alegre, RS, p. 50-54, 2016.

WENDLING, A. et al. SEÇÃO IV - Fertilidade Do Solo E Nutrição De Plantas: Recomendação De Adubação Potássica Para Trigo, Milho E Soja Sob Sistema Plantio Direto No Paraguai. R, [s. l.], p. 11, outubro 2008.

APLICAÇÃO DO MÉTODO MULTICRITERIAL HIERÁRQUICO NA ANÁLISE DA VULNERABILIDADE À EROSÃO HÍDRICA

APPLICATION OF THE HIERARCHICAL MULTICRITERIAL METHOD IN
THE ANALYSIS OF VULNERABILITY TO WATER EROSION

DOI: 10.51859/ampla.mas3200-21

Lenilson Santana Dinizio Júnior¹
Paulo Sérgio de Rezende Nascimento²

¹ Graduando do curso de Engenharia Ambiental e Sanitária. Universidade Federal de Sergipe – UFS

² Professor Adjunto do Departamento de Engenharia Ambiental. Universidade Federal de Sergipe – UFS

RESUMO

O processo de erosão dos solos é ocasionado por fatores naturais e potencializado por fatores antrópicos. O uso e ocupação dos solos inadequados é uma das causas que intensificam o processo erosivo, acarretando modificações adversas na paisagem natural, como a alteração das formas de relevo, diminuição da fertilidade dos solos e assoreamento dos rios, ocasionando danos socioambientais e econômicos. Diante o exposto, o presente trabalho visou identificar e mapear a vulnerabilidade ambiental à erosão hídrica no município de Estância, no estado de Sergipe, por técnicas de sensoriamento remoto e geoprocessamento. Aplicou-se o método da análise hierárquica multicritério para espacializar e delimitar as áreas vulneráveis aos processos erosivos, pela integração do índice pluviométrico, cobertura do solo, pedologia, declividade e hipsometria. Constatou-se que a área estudada apresenta vulnerabilidade alta (46%) e vulnerabilidade moderada (44%) à erosão hídrica. Logo, o presente trabalho permitiu compreender o grau de interferência dos fatores que potencializam o processo erosivo, gerando produtos cartográficos que possibilitam auxiliar os órgãos responsáveis na tomada de decisão das medidas mitigadoras.

Palavras-chave: Erosão do solo. Sensoriamento remoto. Geoprocessamento.

ABSTRACT

The process of soil erosion is caused by natural factors and enhanced by anthropic factors. The use and occupation of inappropriate soils is one of the causes that intensify the erosion process, causing adverse changes in the natural landscape, such as changing landforms, decreasing soil fertility and silting up of rivers, causing socio-environmental and economic damage. Given the above, the present work aimed to identify and map the environmental vulnerability to water erosion in the municipality of Estância, in the state of Sergipe, using remote sensing and geoprocessing techniques. The multicriteria hierarchical analysis method was applied to spatialize and delimit the areas vulnerable to erosion processes, by integrating the rainfall index, soil cover, pedology, slope and hypsometry. It was found that the studied area presents high vulnerability (46%) and moderate vulnerability (44%) to water erosion. Therefore, the present work allowed us to understand the degree of interference of the factors that potentiate the erosion process, generating cartographic products that make it possible to assist the responsible bodies in the decision-making process of mitigating measures.

Keywords: Soil erosion. Remote sensing. Geoprocessing.

1. INTRODUÇÃO

A erosão do solo é decorrente de agentes predisponentes condicionados pelas características naturais do terreno e de agentes efetivos decorrentes das ações antrópicas que intensificam os processos geológico-geomorfológicos exógenos. A erosão hídrica está associada a processos de desgaste da superfície do terreno, desencadeado pelo escoamento da água superficial, por meio da desagregação, transporte e deposição dos materiais alterados que compõem o solo. A erosão hídrica é o principal processo desagregador do solo, ocasionando perdas da biodiversidade, fertilidade dos solos, assoreamento dos corpos d'água, provocando efeitos com consequências sociais e econômicas relevantes para a sociedade. Os processos erosivos são condicionados pelos tipos de solos e de relevos, precipitação, declividade, hipsometria, e uso da terra.

Diante dos impactos ocasionados pela erosão do solo e de seus fatores predisponentes e efetivos, é relevante realizar a análise das áreas que estão vulneráveis a esses processos, através das ferramentas de sensoriamento remoto e geoprocessamento. Dessa forma, destaca-se o método de análise multicriterial Processo Analítico Hierárquico (*Analytic Hierarchy Process* - AHP), como uma ferramenta matemática que pode ser aplicada em na identificação de áreas erosivas. Esse método permite a avaliação de critérios múltiplos e a tomada de decisão com base em diferentes pesos e prioridades atribuídos a cada um desses critérios.

Nesse contexto, o objetivo do presente estudo foi aplicar o método AHP para determinar a vulnerabilidade aos processos erosivos hídricos, no município de Estância, no estado de Sergipe, visando obter um produto cartográfico para subsidiar a tomada de decisão no sentido de minimizar as adversidades dos impactos nas esferas ambientais e socioeconômicas.

2. REFERENCIAL TEÓRICO

Cerri e Amaral (1998) classificam os processos erosivos como naturais ou geológicos e acelerados ou antrópicos. A erosão geológica se desenvolve de forma lenta e contínua; por outro lado, a erosão acelerada é induzida e/ou intensificada pela ação humana. De acordo com Oliveira (1994), a evolução do processo erosivo apresenta um



estágio inicial de erosão em lençol, transformando-se em erosão linear, gerando incisões rasas (sulcos) e profundas (ravinas e voçorocas) no terreno.

Segundo Needelman (2013), a intensificação do processo erosivo é uma das principais causas da degradação acelerada do solo, com perdas muito superiores às taxas naturais de reposição. De acordo com Merritt *et al.* (2003), a erosão hídrica transporta sedimentos e agrotóxicos para rios, lagos e reservatórios causando o assoreamento contaminação desses corpos d'água e extinção da biodiversidade. Os autores destacam que a perda da fertilidade precoce de terras produtivas que desencadeia o avanço das fronteiras agrícolas e aumentando a erosão do solo.

Almeida Filho (2015) enfatiza que a vegetação é um dos principais fatores que protegem o solo dos agentes erosivos, diminuindo o impacto da gota de chuva, evitando a desagregação de partículas do solo. Dessa forma, diminui a velocidade do escoamento superficial e aumenta a porosidade através de suas raízes. Nessa seara, Pereira *et al.* (2002) ressaltam que as áreas com solo exposto aumentam a vulnerabilidade à erosão do terreno, e a exploração dos recursos naturais, sem práticas conservacionistas ou inadequadas de uso e manejo do solo, intensifica o processo erosivo.

Segundo Santos *et al.* (2019), os processos erosivos naturais são condicionados pelo tipo de solo, precipitação, declividade, altitude e extensão da encosta e estrutura estratificada da vegetação. De acordo com Zanatta *et al.* (2017), embora seja um dos processos geológico-geomorfológicos mais estudados, a erosão do solo ainda não é compreendida em sua totalidade, em decorrência da complexidade entre as interações dos fatores condicionantes naturais e as intervenções antrópicas. Estas intensificam os fluxos naturais de matéria e energia dos ambientes, aumentando os impactos erosivos.

O geoprocessamento, de acordo com Coelho (2009) e Fitz (2008), é um conjunto de técnicas matemáticas e computacionais que permite manipular e analisar dados georreferenciados, resultando em modelagens diagnósticas e prognósticas do ambiente natural e antropizado. Assim, as técnicas de geoprocessamento são ferramentas essenciais para a análise da vulnerabilidade à erosão do solo. Segundo Silva (2003) e Nascimento e Garcia (2004), a análise da vulnerabilidade erosiva é executada por Sistema de Informação Geográfica (SIG), o qual integra dados com o objetivo de coletar, armazenar, recuperar, manipular, visualizar e analisar dados espacialmente georreferenciados a um sistema de coordenadas conhecido, permite produzir mapas



temáticos com maior rapidez, precisão, baixos custos e com facilidade de atualização constante.

Nascimento (2004) descreve que a integração automática de mapas temáticos é fundamental para a gestão ambiental dos processos erosivos, que de acordo com Câmara (1995), as informações espaciais numa única base de dados possibilitam combinar geoinformações através de algoritmos de manipulação e análise. Nascimento e Petta (2008) destacam a álgebra de mapas para obter produtos cartográficos de vulnerabilidade erosiva.

Outra possibilidade dos SIGs, descrita por Silva e Belderrain (2005) é a implementação de métodos que auxiliam na tomada de decisão por modelagem matemática, para comparar cenários e alternativas, de modo a apresentar soluções adequadas aos órgãos competentes. Segundo Gdoura *et al.* (2014), um dos poucos métodos de tomada de decisão que podem ser facilmente integrados com um SIG é o Processo de Análise Hierárquica (AHP). De acordo com Pimenta *et al.* (2019), esse processo de análise possui elementos capazes de avaliar as potencialidades ou restrições inerentes ao processo decisório, influenciando positivamente na tomada de ações.

O método AHP, desenvolvido por Saaty, na década de 1970, consiste na criação de uma ordenação de decisão composta por níveis hierárquicos, os quais permitem uma visão global das relações inerentes ao processo. Para estabelecer a importância relativa de cada fator da hierarquia, de acordo com Silva e Nunes (2009), são elaboradas matrizes de comparação para cada nível, em que os resultados das matrizes são ponderados entre si. Segundo Dias *et al.* (2014), a ponderação é feita para cada critério, por meio de comparações de pares, usando a escala de Saaty de números absolutos, em que se atribui valores numéricos tanto quantitativos como qualitativos aos julgamentos. Pinese Júnior e Rodrigues (2012) e Ribeiro *et al.* (2016) destacam a relevância da utilização do método AHP como suporte à tomada de decisão, com múltiplos critérios com variáveis hierárquicas de solução.

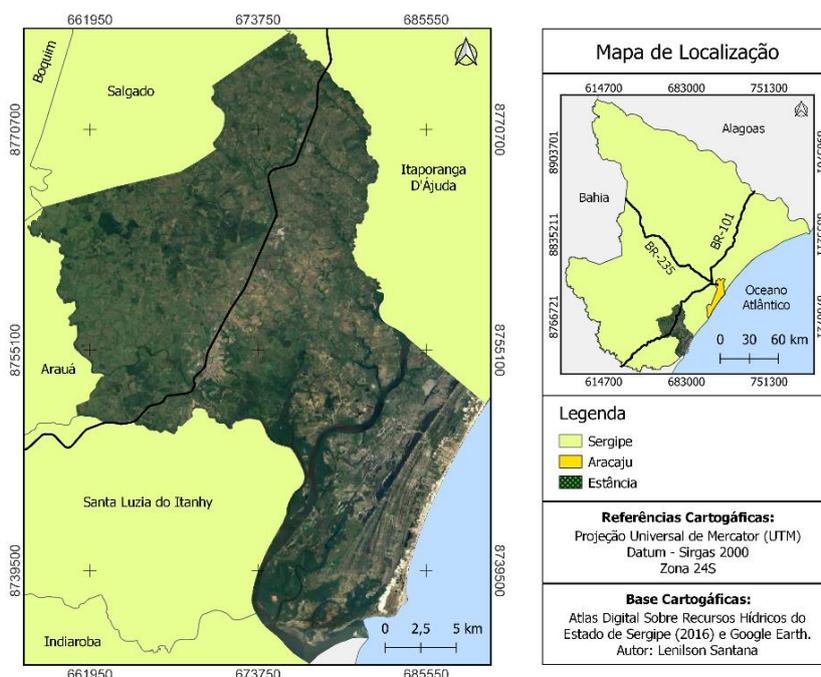
3. MATERIAL E MÉTODO

O município de Estância possui uma área de aproximadamente 644,487 km², com população de 69.919 habitantes, segundo os dados do IBGE para o ano de 2021 e



está inserida no litoral sul do estado de Sergipe, entre as coordenadas geográficas 11° 27' 14" e 11° 3' 11" de latitude Sul e 37° 33' 22" e 37° 15' 32" de longitude Oeste (Figura 1). A BR-101 é a principal rodovia de acesso a partir de Aracaju, em um percurso de aproximadamente 68km.

Figura 1. Localização da área de estudo – Município de Estância/SE



Fonte: Autoria própria.

Para a realização do trabalho, foram realizadas pesquisas bibliográficas para melhor compreensão da dinâmica do processo erosivo, assim como, os materiais utilizados para elaboração desse trabalho foram: (i) Atlas Digital Sobre Recursos Hídricos do Estado de Sergipe (Semarh/SRH, 2014); (ii) Projeto MapBiomas – Coleção 7 da Série Anual de Mapas de Uso e Cobertura da Terra do Brasil (2021); (iii) Banco de Dados de Informações Ambientais (BDiA) do IBGE (2018); (iv) MDE-PALSAR (ALOS *Phased Array type L-band Synthetic Aperture Radar* – FBS – 12,5x12,5m – *Alaska Satellite Facility* – ASF); (v) Satélite LDCM (*Landsat Data Continuity Mission*) OLI (*Operational Land Imager*) e TIRS (*Thermal Infrared Sensor*) do Serviço Geológico dos Estados Unidos (USGS); (vi) Software livre QGIS, versão 3.16 da *Open Source Geospatial Foundation* (OSGeo); (vii) Software livre SPRING, versão 5.5.6 da Divisão de Observação da Terra e Geoinformática - DIOTG do INPE. Todos os dados foram reprojeto e padronizados para o Sistema de Coordenadas Geográficas Datum Sirgas 2000 UTM 24S, assim como foi confeccionado o

relevo sombreado, sendo os parâmetros utilizados para azimute e elevação uma iluminação de 45° e cinco de exagero vertical, sendo realizado a sobreposição do sombreado sobre todos os mapas para realçar o relevo do terreno.

A metodologia aplicada foi o prosseguimento de Dinízio Júnior e Nascimento (2023), os quais apresentaram os resultados parciais e finalizados no presente artigo. O primeiro procedimento foi a confecção do mapa de cobertura do solo utilizando os dados matriciais do MapBiomas. Os dados foram importados para o *software* QGIS, onde foi realizada a conversão dos dados no formato matricial para o formato vetorial (vetorização/poligonização), e aplicado um limiar para realizar a associação de classes de polígonos muitos pequenos que dificultavam a visualização das informações.

Posteriormente, foram desenvolvidos os mapas de hipsometria e declividade utilizando os dados matriciais do MDE-PALSAR (formato modelo numérico do terreno – MNT). Os dados foram importados para o *software* SPRING, onde foi realizado um fatiamento de classes. Para o mapa de declividade, antes de realizar o fatiamento de classes, foi aplicada a análise de declive e os dados foram expressos em porcentagem.

Em seguida, foi confeccionado o mapa de pedologia, utilizando os dados vetoriais do Banco de Dados de Informações Ambientais (BDiA). Os dados foram importados para o *software* QGIS, os quais foram categorizados e classificados de acordo com o Sistema Brasileiro de Classificação de Solos (SiBCS). A seguir, foram confeccionados os mapas de precipitação e geomorfologia utilizando os dados presentes no Atlas de Recursos Hídricos do Estado de Sergipe.

Para confecção do mapa de vulnerabilidade à erosão hídrica, através da análise hierárquica multicritério (AHP), foram elaborados mapas de critérios, sendo atribuídos pesos quantitativos que variam de 1 a 9. Os pesos foram atribuídos de acordo com a influência de cada fator sobre a ocorrência da erosão hídrica, sendo o peso 1 insignificante (Tabela 1).

Para facilitar a análise no mapa de cobertura do solo, foi realizado a associação de classes que possuíam o mesmo peso, sendo que: a floresta, mangue, restinga, apicum, formação campestre e savânica foram incorporados a vegetação e a pastagem, silvicultura, aquicultura e mosaico de usos foram incorporados a agropecuária.

Tabela 1. Pesos atribuídos as variáveis em formato matricial

Precipitação	Peso	Cobertura do solo	Peso	Pedologia	Peso	Declividade	Peso	Hipsometria	Peso
1200 - 1300	3	Vegetação	1	Argissolo	5	0 – 3 %	3	<= 10 m	1
1300 - 1400	5	Agropecuária	7	Gleissolo	6	3 – 8 %	5	10 – 29 m	3
1400 - 1600	7	Praia, Duna e Areal	9	Espodossolo	7	8 – 20 %	7	29 – 57 m	5
1600 - 1800	9	Área Urbana	3	Neossolo	9	20 – 45 %	9	57 – 85 m	7
-	-	Corpo D'água	0	-	-	-	-	> 85 m	9

Fonte: Os autores.

Após a elaboração dos mapas de critérios, foi necessário realizar a normalização dos pesos atribuídos, visto que os pesos não se encontram na mesma escala, o que impossibilita seu agrupamento, sendo necessário a padronização dos pesos para mesma escala (Equação 1), onde R_i = fator a ser normalizado, $P_{mín}$ = peso mínimo e $P_{máx}$ = peso máximo.

$$X_i = \frac{(R_i - P_{mín})}{(P_{máx} - P_{mín})} \quad (1)$$

Em seguida, foi construída a matriz de comparação pareada (Tabela 3), utilizando a escala de Saaty (Tabela 2), onde são atribuídos valores numéricos aos mapas de critérios, em relação a importância relativa dos fatores a ocorrência da erosão hídrica.

Tabela 2. Escala de Saaty

Valores	Área (km ²)
1/5	Fortemente menos importante
1/3	Moderadamente menos importante
1	Igual importância
3	Moderadamente mais importante
5	Fortemente mais importante

Fonte: Adaptada de Saaty (1977).

A atribuição dos valores da escala de Saaty é realizada de acordo com o julgamento do avaliador em relação a importância de cada fator para ocorrência de um evento.



Tabela 3. Matriz de comparação pareada

Fatores	Precipitação	Cobertura do solo	Pedologia	Declividade	Hipsometria
Precipitação	1	2	4	3	3
Cobertura do solo	1/2	1	2	3	3
Pedologia	1/4	1/2	1	1/2	1/2
Declividade	1/3	1/3	2	1	1
Hipsometria	1/3	1/3	2	1	1

Fonte: Autoria própria.

Após a construção da matriz pareada, foi calculado o peso do indicador através da soma das linhas da matriz (A_w) dividido pela ordem da matriz n (Equação 2) (PINESE JÚNIOR; RODRIGUES, 2012).

$$P_n = \sum \frac{a_{mn}}{n} \quad (2)$$

Em seguida, foi calculado o autovalor $\lambda_{m\acute{a}x}$ (Equação 3), onde A_w é a matriz resultante do produto de comparação pareada pela matriz dos pesos a serem processados W_i (PINESE JÚNIOR; RODRIGUES, 2012).

$$\lambda_{m\acute{a}x} = \frac{1}{n} \sum \frac{A_w}{W_i} \quad (3)$$

Posteriormente, foi realizado o cálculo do índice de consistência (IC) (Equação 4), índice randômico (IR) (Tabela 4), que é um valor tabelado e a razão de consistência (RC) (Equação 5). Esse procedimento é necessário para avaliar a aceitabilidade dos pesos, visto que o julgador pode ter cometido algum erro na atribuição dos pesos no início da análise.

$$IC = \frac{(\lambda_{m\acute{a}x} - n)}{(n - 1)} \quad (4) \quad RC = \frac{IC}{IR} \quad (5)$$

Tabela 4. Índice randômico

n	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
IR	0	0	0,58	0,90	1,12	1,24	1,32	1,41	1,45	1,49

Fonte: Saaty (1977).

Segundo Saaty (1977), quando o cálculo da razão de consistência (RC) for menor que 0,1, significa que os pesos atribuídos pelo julgador fazem sentido, caso contrário, significa que o julgador cometeu algum erro na atribuição dos pesos e a matriz precisa ser revista. Os pesos obtidos para índice pluviométrico (IP), cobertura do solo (CS),

declividade (D), hipsometria (H) e pedologia (P) foram 0,376, 0,275, 0,135, 0,135, 0,080, respectivamente. Por fim, foi confeccionado o mapa de vulnerabilidade a erosão hídrica, realizando a integração dos mapas de critérios com seus respectivos pesos (Equação 6).

$$AHP = (IP \times 0,376) + (CS \times 0,275) + (D \times 0,135) + (H \times 0,135) + (P \times 0,080) \quad (6)$$

4. RESULTADOS E DISCUSSÃO

O município de Estância apresenta cinco classes de cobertura do solo (Figura 2), sendo as atividades agropecuárias predominantes na região, com a presença de 60% (área) da área (Tabela 5). Devido a essa característica, toda essa porção fica vulnerável a erosão hídrica, visto que é comum a retirada da cobertura vegetal para execução dessas atividades, sendo a vegetação uma defesa natural do solo, responsável por reduzir a velocidade do escoamento superficial e, conseqüentemente, o carreamento das partículas, além de aumentar a infiltração da água no solo.

A pedologia do município é composta por cinco classes de solos (Figura 3), sendo o argissolo o tipo de solo predominante, com mais de 60% (área) da área (Tabela 6). O tipo de solo possui um papel importante na ocorrência da erosão, pois cada solo apresenta características distintas, que possuem relação direta com o escoamento superficial e infiltração da água. Os argissolos são solos desenvolvidos e apresentam uma certa profundidade com existência de argila nas camadas inferiores, o que dificulta a infiltração da água, e torna o solo mais compacto.

Tabela 5. Cobertura do solo no município de Estância – SE

Classes	Área (km ²)	Área (%)
Vegetação	195,27	30,34
Agropecuária	386,34	60,01
Praia, Duna e Areal	10,29	1,60
Área Urbana	14,71	2,29
Corpo D'água	37,08	5,76

Fonte: Os autores.

Figura 2. Mapa de cobertura do solo

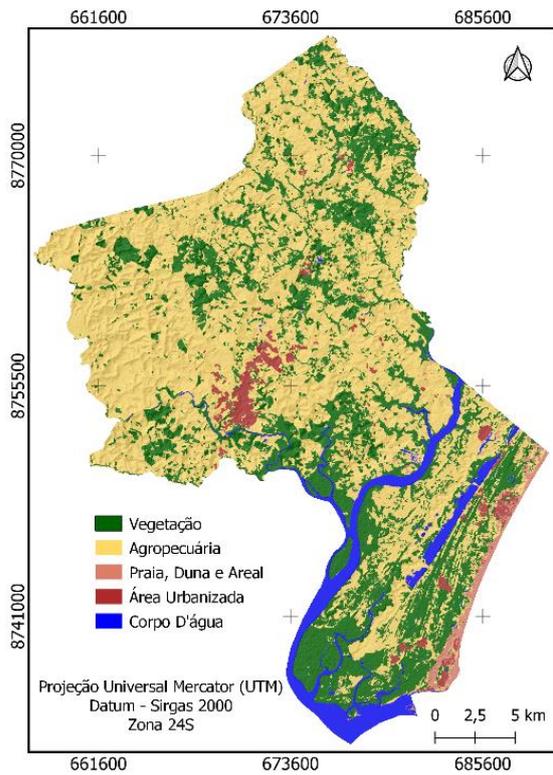
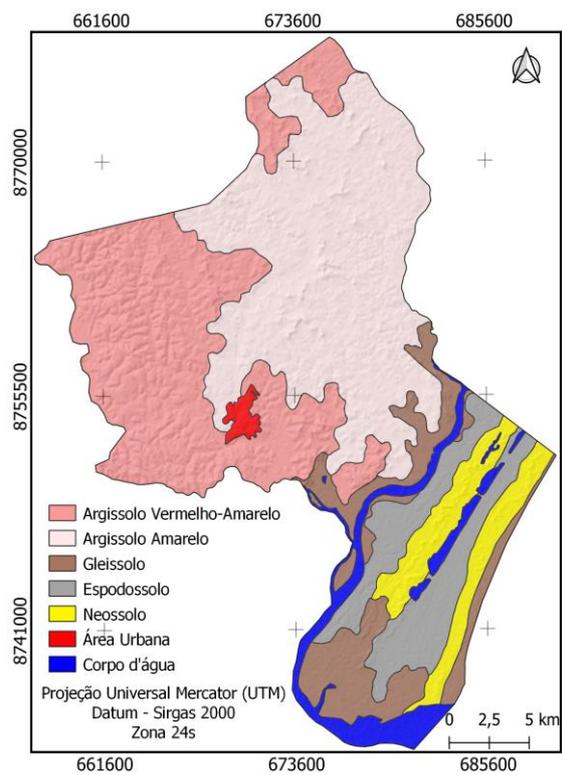


Figura 3. Mapa pedológico



Fonte: Os autores.

Os gleissolos são solos pouco desenvolvidos, que possuem uma baixa profundidade, normalmente se encontram em regiões planas, as quais não favorecem sua drenagem, por isso são solos inundados, mas quando drenados, são favoráveis ao uso de pastagem. Os espodossolos são solos profundos, possuem textura arenosa, não é adequado para plantações, pois possuem uma alta quantidade de areia em sua composição, além de possuir pH com índice de acidez alto, possui uma drenagem rápida com exceção no período chuvoso, pois os níveis do lençol freático podem subir, limitando a drenagem.

Tabela 6. Classes de solos no município de Estância - SE

Classes de solos	Área (km ²)	Área (%)
Argissolo Amarelo	230,61	35,83
Argissolo Vermelho-Amarelo	202,58	31,47
Gleissolo	66,68	10,36
Espodossolo	63,59	9,88
Neossolo	43,15	6,70
Corpo D'água	37,08	5,76

Fonte: Os autores.

Os neossolos são solos que são pouco desenvolvidos, possuem uma baixa profundidade, baixa retenção de água, presença de afloramentos rochosos, sendo um solo suscetível a erosão.

O relevo é um fator importante a ser considerado na análise da erosão (Figura 4 e Tabela 7), uma vez que as características do terreno podem influenciar o processo de desgaste do solo, mas a conversão da vegetação em áreas agrícolas são desencadeadores e intensificadores do processo erosivo. Assim, a remoção da cobertura vegetal natural de uma região e a substituição por cultivos agrícolas deve ser realizada de forma a mitigar os impactos da erosão, visando evitar a perda de solos, fertilidade e biodiversidade.

A hipsometria do município possui uma variação de 0 a 136 metros em relação ao nível do mar (Figura 5 e Tabela 8), sendo a região sul composta com mais de 40% (área) da área com cotas baixas (cotas que não ultrapassam os 29 metros), devido a presença de um relevo de planície fluviomarina, terraço fluviomarinho, terraço marinho e terraço fluvial (Figura 4), que são regiões que não apresentam altitudes elevadas, com a presença de várzeas. Em oposição a região norte, sendo composta com mais de 50% (área) da área com cotas elevadas (cotas que ultrapassam os 29 metros), com a presença de um relevo de tabuleiros costeiros, que são regiões com a presença de altitudes mais elevadas, que vão diminuindo conforme se aproxima das planícies litorâneas. As regiões com cotas mais elevadas são mais suscetíveis a ocorrência da erosão hídrica, visto que a água da chuva escoar por ação da gravidade e, conseqüentemente, ocorre o aumento da velocidade do escoamento superficial.

Tabela 7. Geomorfologia no município de Estância - SE

Classes	Área (km ²)	Área (%)
Planície Fluviomarina	89,66	13,93
Relevos Dissecados-Superfícies dos Rios	63,25	9,83
Relevos Dissecados-Tabuleiros Costeiros	345,34	53,64
Terraço Fluvial	15,94	2,48
Terraço Fluviomarinho	42,63	6,62
Terraço Marinho	49,79	7,74
Corpo D`água	37,08	5,76

Fonte: Os autores.

Figura 4. Mapa geomorfológico

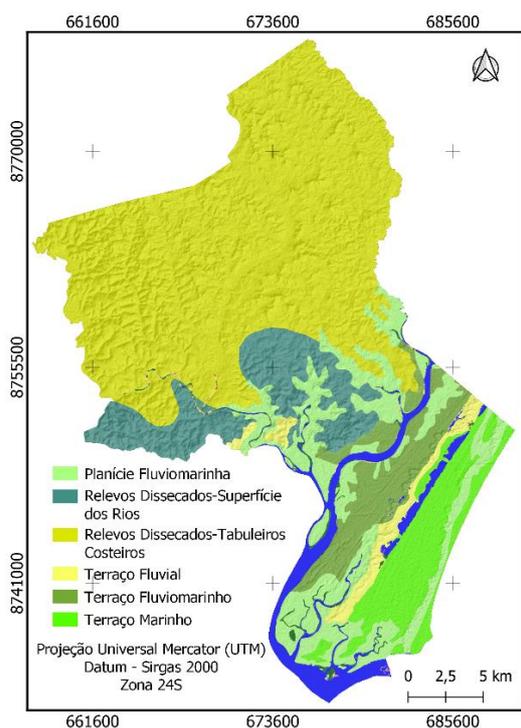
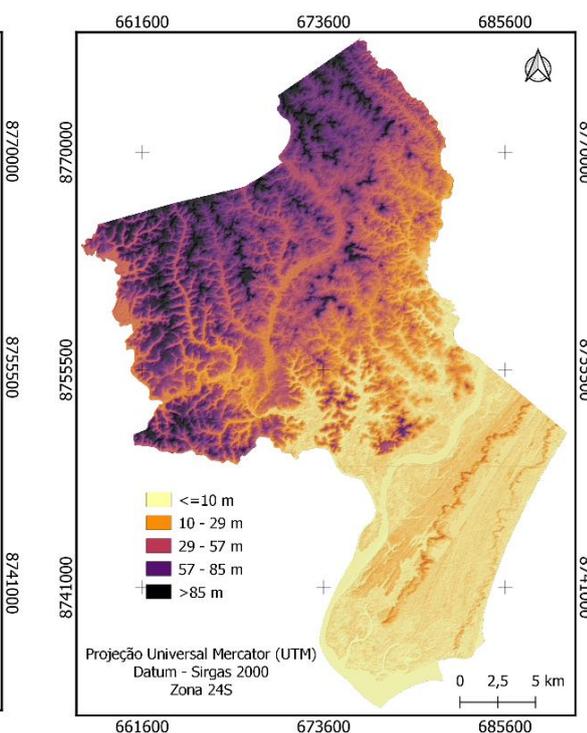


Figura 5. Mapa hipsométrico



Fonte: Os autores.

Tabela 8. Hipsometria no município de Estância - SE

Classes	Área (km ²)	Área (%)
<= 10 m	181,82	28,25
10 – 29 m	98,81	15,35
29 – 57 m	157,27	24,43
57 – 85 m	145,57	22,61
> 85 m	60,22	9,36

Fonte: Os autores.

Devido as características geomorfológicas do município, a região sul apresenta um predomínio das áreas planas e levemente onduladas (com inclinação máxima de 8%), em contrapartida a região norte, que apresenta um predomínio das áreas fortemente onduladas (com inclinação máxima de 45%) (Figura 6 e Tabela 9). A declividade possui relação direta com o escoamento superficial, pois quanto maior o ângulo de inclinação, maior o escoamento superficial, devido a maior energia cinética, o que aumenta o carreamento das partículas e favorece a ocorrência da erosão hídrica.

As características meteorológicas são importantes para compreender a dinâmica do processo erosivo, visto que a precipitação é um fator crucial para ocorrência da erosão hídrica. O índice pluviométrico do município apresenta uma variação de 1200 a

1800 mm (Figura 7), sendo a porção sul com índices pluviométricos mais elevados, devido a influência da maritimidade.

Figura 6. Mapa de declividade

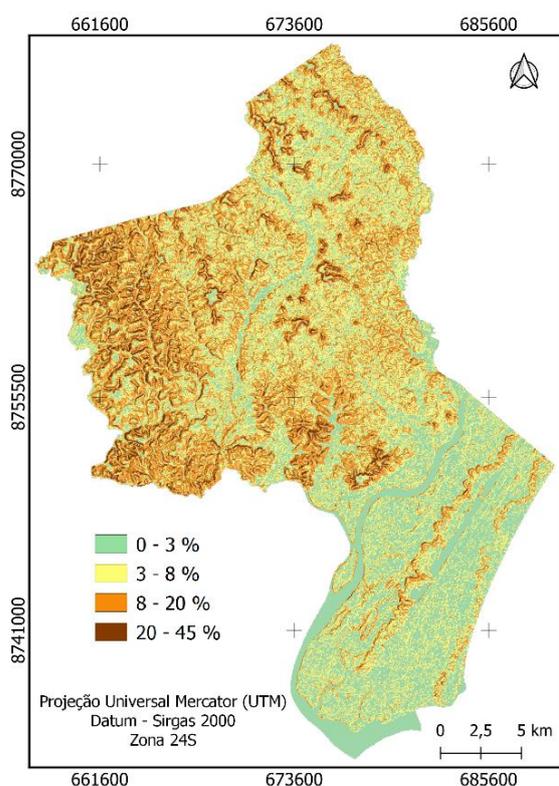
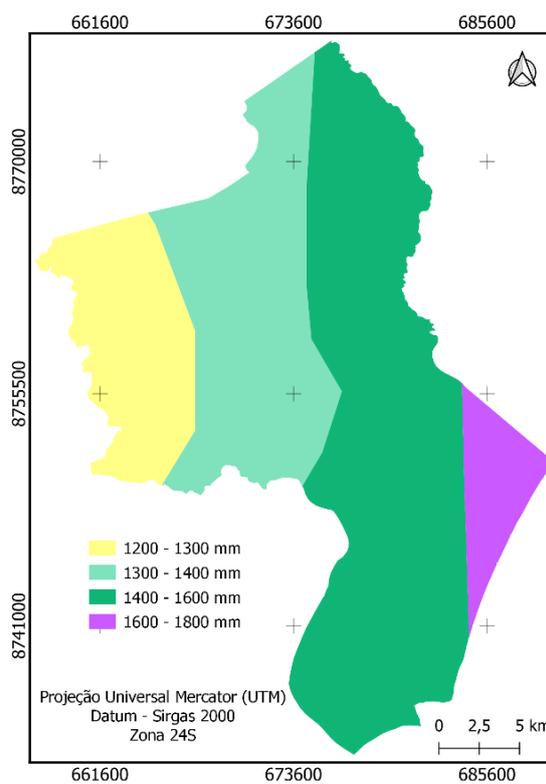


Figura 7. Mapa de precipitação



Fonte: Os autores.

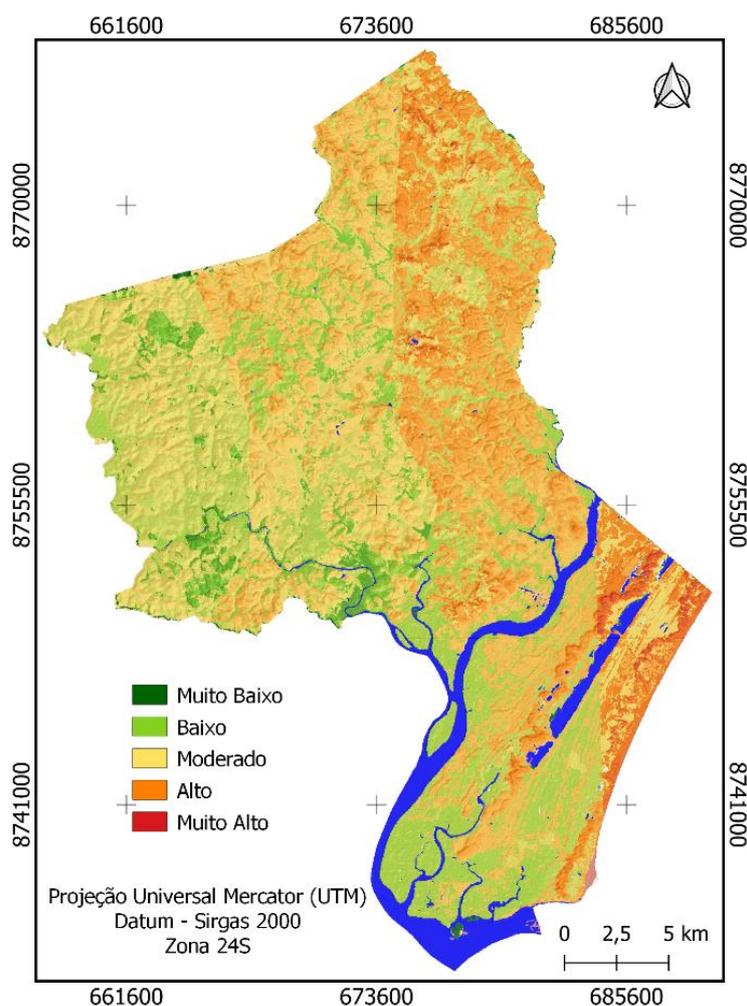
Tabela 9. Declividade no município de Estância - SE

Classes	Área (km ²)	Área (%)
0 – 3 %	174,55	27,12
3 – 8 %	249,94	38,83
8 – 20 %	187,49	29,13
20 – 45 %	31,71	4,92

Fonte: Os autores.

Foi identificado todas as regiões que se encontram em estado de vulnerabilidade a erosão hídrica (Figura 8), através do método AHP. O município se encontra com uma vulnerabilidade alta, visto que as classes com risco moderado e alto são predominantes, devido à grande presença de atividades agropecuárias, atreladas a características climáticas e geomorfológicas da região.

Figura 8. Mapa de vulnerabilidade à erosão hídrica



Fonte: Os autores.

Tabela 10. Mapa de vulnerabilidade no município de Estância - SE

Classes	Área (km ²)	Área (%)
Muito Baixo	14,09	2,20
Baixo	25,20	3,91
Moderado	285,12	44,29
Alto	298,61	46,39
Muito Alto	20,67	3,21

Fonte: Os autores.

A porção sudeste do município apresenta uma vulnerabilidade alta, principalmente nas regiões próximas ao nível do mar, devido a presença dos neossolos e gleissolos, que são solos suscetíveis a erosão, atrelado aos altos índices pluviométricos influenciados pela maritimidade, além da presença de construções em locais irregulares

e o avanço das atividades agropecuárias, que deixam o solo exposto e intensifica o processo erosivo.

A porção nordeste também apresenta uma vulnerabilidade alta, onde há um grande predomínio de atividades agropecuárias (Figura 2). Essas atividades deixam o solo desprotegido, atrelado ao fato de o solo argissolo possuir um certo grau de compactação, já que os solos presentes nos tabuleiros costeiros apresentam uma camada endurecida na superfície, dificultando a infiltração da água, além de estar localizado em uma região que apresenta cotas e declives mais acentuados, o que deixa essa região vulnerável a erosão.

5. CONSIDERAÇÕES FINAIS

A utilização de geotecnologias, como sensoriamento remoto e geoprocessamento se mostrou eficaz na identificação de áreas que se encontram vulneráveis a ocorrência de erosão hídrica. O Método AHP foi uma ferramenta eficiente para a identificação das áreas mais propensas à erosão, que gerou um produto cartográfico, possibilitando a tomada de decisão para a gestão e conservação dos recursos naturais.

O município de Estância, no estado de Sergipe, encontra-se com a presença de 44% da área em estado de vulnerabilidade moderada e 46% em estado de vulnerabilidade alta. Essa vulnerabilidade é decorrente da retirada da cobertura vegetal para expansão das atividades agropecuárias. Essa característica indesejável ocorre principalmente na porção norte do município, atrelado a um relevo e declive acentuados, que potencializam o processo erosivo. Em contrapartida, a porção sul encontra-se vulnerável devido aos maiores índices pluviométricos, decorrentes da influência da maritimidade, atrelados a presença de solos com um maior potencial de erodibilidade, como o neossolo e espodossolo.

É importante a fiscalização ambiental, de forma rigorosa, para redução do desmatamento, expansão das atividades agropecuárias e construção de residências em locais inapropriados, como nas dunas, muito frequentes nas praias do Saco e Abaís, visto que, caso a expansão dessas atividades continue crescendo, o problema tende a ser agravado, afetando regiões que se encontram com uma baixa vulnerabilidade.

REFERÊNCIAS

- ALMEIDA FILHO, G. S. Em foco: controle de erosão. **Revista Fundações e Obras Geotécnicas**, São Paulo, v. 5, n. 54, p. 72-83, mar. 2015.
- CÂMARA, G. **Modelos, linguagens e arquiteturas para Bancos de Dados Geográficos**. 1995, 238f. Tese (Doutorado em Computação Aplicada) – Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais, São José dos Campos. 1995.
- CERRI, L. E. S.; AMARAL, C. P. Riscos geológicos. In: OLIVEIRA A. M. S.; BRITO, S. N. A (Orgs). **Geologia de Engenharia**. São Paulo: ABGE; 1998. p. 301-310.
- COELHO, A. L. N. Sistema de Informações Geográficas (SIG) como suporte na elaboração de planos diretores municipais. **Caminhos de Geografia**, v. 10, p. 93-110, jun. 2009.
- DIAS, V. S. B.; SILVA, A. BARROS. AHP na modelagem da vulnerabilidade ambiental do Mini Corredor Ecológico Serra das Onças (BA). **Revista Brasileira de Cartografia**, v. 66, n. 6, p. 1363-1377, 2014.
- DINÍZIO JÚNIOR, L. S.; NASCIMENTO, P. S. R. Análise espacial e qualitativa da vulnerabilidade relacionada à agricultura no município de Estância (SE). In: LERMEN, A. M.; BRITO, H. C. (Orgs.) **Ciências agrárias e meio ambiente: pesquisas, desafios e inovações tecnológicas**. Editora Amplla: Campina Grande. Cap 1, p. 10 – 19, 2023.
- FITZ, P. R. **Geoprocessamento sem complicação**. 1. ed. São Paulo: Oficina de Textos, 2008. 160p.
- GDOURA, K.; ANANE, M.; JELLALI, S. Geospatial and multi-criteria analysis to rank suitable sites of shallow aquifer recharge with reclaimed water: application to Nabeul – Hammamet groundwater. **Resources, Conservations and Recyclin**, v. 104, p. 19-30, abr. 2014.
- MERRITT, W. S.; LETCHER, R. A.; JAKEMAN, A. J. A review of erosion and sediment transport models. **Environmental Modelling & Software**, v. 18, p. 761-799, 2003.
- NASCIMENTO, P. S. R. **Subsídio à gestão ambiental hidrovitária: o empreendimento hídrico Santa Maria da Serra**. 2004. 189f. Tese (Doutorado em Geociências) – Instituto de Geociências e Ciências Exatas, Universidade Estadual Paulista, Rio Claro, 2004.
- NASCIMENTO, P. S. R.; GARCIA, J. G. Atualização do mapa de vegetação natural e do uso da terra na Sub-bacia do Baixo Piracicaba (SP) com o auxílio de imagens TM/Landsat-5. **Estudos Geográficos**, v. 2, n. 2, p. 31-45, dez. 2004.



- NASCIMENTO, P. S. R.; PETTA, R. A. Análise das similaridades das cartas de vulnerabilidade à erosão realizada por dois operadores de álgebras de mapas. **Revista da Escola de Minas**, v. 61, p.135-140, 2008.
- NEEDELMAN, B. A. What Are Soils? **Nature Education Knowledge** , 4, n. 3, p. 1 - 2, 2013.
- OLIVEIRA, A. M. S. **Depósitos tecnogênicos e assoreamento de reservatórios**: exemplo do reservatório de Capivara, rio Paranapanema, SP/ PR. 211 p. Tese (Doutorado em Geografia) - Departamento de Geografia, Faculdade de Filosofia, Letras e Ciências Humanas, São Paulo,1994.
- PEREIRA, E. A.; SOUSA, A. P.; CAMPOS, S. Mapeamento do uso do solo nas sub-bacias dos córregos São José e Água do Ventura. **Revista Irriga**, Bauru, v. 7, n. 3 p. 191-200, out. 2002.
- PIMENTA, L. B.; BELTRÃO, N. E. S.; DA SILVA GEMAQUE, A. M.; TAVARES, P. A. Processo Analítico Hierárquico (AHP) em ambiente SIG: temáticas e aplicações voltadas à tomada de decisão utilizando critérios espaciais. **Interações**, v. 20, n. 2, p. 407-420, jun. 2019.
- PINESE JÚNIOR, J. F.; RODRIGUES, S. C. O método de análise hierárquica – AHP – como auxílio na determinação da vulnerabilidade ambiental da Bacia Hidrográfica do Rio Piedade (MG). *Revista do Departamento de Geografia*, v. 23, p. 4-26, 2012.
- RIBEIRO, A. S.; MINCATO, R. L.; CURI, N.; KAWAKUBO, F. S. Vulnerabilidade ambiental à erosão hídrica em uma sub-bacia hidrográfica pelo processo analítico hierárquico. **Revista Brasileira de Geografia Física**, v. 9, n. 1, p. 16-31, 2016.
- SAATY, T. L. A Scaling Method for Priorities in Hierarchical Structures. **Journal of Mathematical Psychology**, v. 15, p. 234 – 281, 1977.
- SANTOS, L. A. N.; NASCIMENTO, P. S. R.; BARROS, B. V. P. Espacialização da potencialidade erosiva por estimador Kernel na Bacia Hidrográfica do Rio Japarutuba (SE). In: ZUFFO, A. M. **Engenharia sanitária e ambiental**: tecnologias para a sustentabilidade. Belo Horizonte: Atena Editora, 2019, v.3, p. 123 – 131.
- SILVA, R. M.; BELDERRAIN, M. C. N. Considerações sobre métodos de decisão multicritério. In: ENCONTRO DE INICIAÇÃO CIENTÍFICA E PÓS-GRADUAÇÃO DO ITA, 11., 2005, São José dos Campos. **Anais...** São José dos Campos: ITA, 2005. p. 1-7.
- SILVA, C. A.; NUNES, F. P. Mapeamento de vulnerabilidade ambiental utilizando o método AHP: uma análise integrada para suporte à decisão no município de Pacoti/CE. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE SENSORIAMENTO REMOTO, 14., 2009, Natal. **Anais...** Aracaju-SE: INPE, 2009. p. 5435-5442.



ZANATTA, F. A.; LUPINACCI, C.; BOIN, M.; MORUZZI, R. Antropogeomorfologia e problemática erosiva em área rural degradada, Marabá Paulista (SP). **Revista do Departamento de Geografia**, São Paulo, Número Especial, p. 199-207, 2017.

USO DE FERRAMENTAS MCDM PARA CLASSIFICAÇÃO DE FLUIDOS DE CORTE DE BASE VEGETAL BASEADO EM PROPRIEDADES DE USINAGEM, TRIBOLÓGICAS E FÍSICOQUÍMICAS

USE OF MCDM TOOLS FOR RANKING PLANT-BASED CUTTING FLUIDS FOR MACHINING ALUMINUM ALLOYS BASED ON MACHINING, MICROBIOLOGICAL, TRIBOLOGICAL AND PHYSICO-CHEMICAL PROPERTIES

DOI: 10.51859/amplla.mas3200-22

Janaína Fracaro de Souza Gonçalves¹
Stephan Silva Seifert²
Alisson Caetano Neves³

¹ Professora na Universidade Tecnológica Federal do Paraná, campus Londrina, PR. janainaf@utfpr.edu.br

² Bacharel em Engenharia Mecânica pela Universidade Tecnológica Federal do Paraná, campus Londrina, PR. seifertstephan.s@gmail.com

³ Mestrando no Programa de Pós-graduação em Engenharia Mecânica da Universidade Tecnológica Federal do Paraná, campus Cornélio Procopio, PR. caetano.neves.a@gmail.com

RESUMO

As ferramentas AHP são utilizadas neste trabalho para a escolha do método MCDM mais apropriado para classificação de um banco de dados de fluidos de corte para usinagem de alta velocidade (HSM) da liga de alumínio da série 7XXXX, classe AA7050. Os critérios incluem usinabilidade, microbiologia, tribologia e características físico-químicas. O método MADM TOPSIS foi considerado a melhor opção devido à sua reduzida complexidade computacional e a acessível aplicação de pesos. Ao atribuir pesos aos critérios impostos e aplicando o método de entropia para validar os resultados, o fluido que melhor atende aos parâmetros é o fluido "H" devido à sua característica sustentável. Quando as diferenças entre as propriedades não são sutis, o método de ponderação baseado no julgamento de propriedades é adequado, já que estas conferem maior importância ao critério que devem ser priorizado no processo de seleção.

Palavras-chave: TOPSIS. AHP. Métodos multicritérios. Usinagem. Fluidos ecológicos.

ABSTRACT

The AHP tool is used in this work to choose the most appropriate MCDM method for classifying a cutting fluid database for high-speed machining (HSM) of aluminum alloys series 7XXXX, class AA7050. The criteria include machinability, microbiological, tribological, and physical-chemical characteristics. The MADM TOPSIS method is considered the best opinion due to its lower computational complexity and more accessible application of weights. By attributing weights to the imposed criteria and applying the entropy method to validate the results, the fluid that best meets the parameters is the "H" fluid due to its sustainable characteristics. When the differences between properties are not subtle, the weighting method based on the judgment of properties is adequate, as it gives greater importance to the criteria that must be prioritized in the selection process.

Keywords: TOPSIS. AHP. Multicriteria methods. Machining. Ecological fluids.



1. INTRODUÇÃO

Em processos convencionais de usinagem, em torno de 98% da energia oriunda da fricção entre a ferramenta de corte e o cavaco é convertida em calor. Quando não controlado, pode resultar em problemas imediatos, como baixo acabamento superficial, aderência de cavaco, e perdas monetárias, refletidas em desgaste prematuro da ferramenta de corte, aumento na potência requerida e, conseqüentemente, alto custo energético (SHALABAY; VELDHUIS, 2019). Por ser o agente atenuante deste fenômeno, fluidos de corte representam uma área crescente de pesquisa e desenvolvimento para atender às necessidades que surgem no âmbito da usinagem (KIMINAMI et al., 2018; LISBOA, 2013).

Considerando despesas inerentes à realização do processo de usinagem, os fluidos de corte representam, em média, 20% do custo total envolvido no projeto. Em 2019, aproximadamente 36,8 milhões de toneladas de fluidos lubrificantes foram consumidos no mundo todo, valor que permanece constante desde o início dos anos 2000 (GARSIDE, 2019). Estima-se que entre 3,8 e 7,6 milhões de metros cúbicos de água contaminada por óleo são consequência de descarte indevido (CHERYAN; RAJAGOPALAN, 1998). Portanto, com a crescente demanda por fluido lubrificante, é sensato as preocupações com os impactos monetários e ambientais que estes fluidos causam.

A busca por mitigar os impactos negativos que fluidos de corte possuem tornou-se necessária para satisfazer requisitos estabelecidos por órgãos regulamentadores, como é o caso da ISO 14000, mas também de indústrias em busca de processos financeiramente sustentáveis (WU et al., 2021; SOKOVIĆ; MIJANOVIĆ, 2001). Uma das soluções é a redução da atual dependência de óleos minerais em favor de óleos biodegradáveis, ecológicos, não tóxicos e, em alguns casos, com propriedades tribológicas superiores aos não recicláveis. Ao reduzir a dependência de fluidos à base de elementos sintéticos não recicláveis, alternativas naturais propõem soluções de baixo custo, casos dos óleos de algaroba, éster metílico, moringa e pinhão-manso, dos já estabelecidos fluidos à base de óleo de girassol e canola, passando pelos fluidos à base de emulsificantes de grau alimentício e aditivos naturais com óleo de milho (BIBIN et al., 2021; de SOUZA et al., 2019; MANIKANTA et al., 2022).



A correta seleção do método de resfriamento e do fluido para usinagem é essencial para evitar desperdícios e defeitos ligados à incompatibilidade do fluido com as necessidades do processo. Dado o número de técnicas disponíveis (a seco, molhado, nanofluidos, MQL, criogênico, alta pressão) (LIEW et al., 2017), a multitude de fluidos disponíveis no mercado (solúveis de uso geral, sintéticos de uso geral, fluidos de corte sintéticos) (HOLMES, 1971), e a possível combinação dependente de parâmetros de usinagem tornam a tarefa de determinar a opção mais adequada crítica para o sucesso do processo final.

Métodos e ferramentas para auxiliar na classificação de banco de dados e as opções disponíveis são apresentadas como a maneira mais segura na tarefa de apontar a melhor alternativa dentre infinitas possibilidades. O Método de Decisões por Multicritérios (MCDM) permite que decisões sejam feitas levando em consideração critérios de natureza técnica e são vastamente utilizados em situações onde múltiplas variáveis precisam ser classificadas para concluir sobre qual produto é melhor ou pior em análise (SAARIKOSKI et al., 2022). A implementação do método MCDM através de algoritmo de análise de banco de dados provou ser eficiente em uma vasta gama de situações, desde análise de indicadores sociais e econômicos, avaliações de desempenho e tomada de decisões produtivas (TORKAYESH; TORKAYESH, 2021; KABAK et al., 2018; ABDEL-BASSET et al., 2021). Seu uso no contexto da tribologia já é uma realidade, porém pouco estudada quando o foco recai sobre fluidos de corte (MADIĆ et al., 2016; MOUSAVI-NASAB; SOTOUDEH-ANVARI, 2017; SAHA; SATAPATHY, 2022a; SAHA; SATAPATHY, 2022b; EBERHARDT et al., 2021).

Este estudo utiliza o método MCDM para classificar um banco de dados de fluidos de corte, com foco nas propriedades que impactam tanto comercialmente quanto em termos de sustentabilidade. Assim, o objetivo é eleger o melhor fluido para usinagem da liga de alumínio série 7XXXX, classe AA7050, levando em conta fatores químicos, microbiológicos e mecânicos.

2. MÉTODO DE DECISÃO MULTICRITÉRIOS

As ferramentas de decisão multicritérios são uma classe de modelo de pesquisa operacional utilizadas para lidar com problemas de decisão envolvendo análise de múltiplos critérios através de classificação e ranqueamento, permitindo que o usuário



escolha baseado em critérios preestabelecidos. Seu uso objetiva ultrapassar limitações relacionados com conflitos de escolha, onde o peso de variáveis essenciais influenciam as outras em algum grau (MARDANI et al., 2015; COLSON; BRUYN, 1989). O propósito da aplicação da ferramenta é atuar em decisões preferenciais caracterizadas por alternativas com múltiplos critérios incompatíveis (GONÇALVES et al., 2015).

A ferramenta MCDM depende, para implementação de seu algoritmo, de uma série de etapas para tomada de decisões: definição do problema, sua caracterização, escopo, atributos e restrições; extrair os critérios, a fim de determinar, dentre a faixa disponível, aqueles que atendem ao problema proposto tanto em termos de aplicação e do critério imposto pela pessoa no comando do projeto; seleção das alternativas, onde uma alternativa é considerada sendo a dominante quando esta ultrapassa em um ou mais atributos e é igual no restante, onde os métodos são eliminados através de método de dominância; definição das preferências na avaliação do critério, onde há a possibilidade de escolha do único método remanescente das etapas anteriores, mas de outra forma, será a etapa onde a priorização do critério será tratada; escolha do método para seleção; avaliação do método MCDM; aplicação da metodologia selecionada para o problema e subsequente análise dos resultados (SINGH; MALIK, 2014).

MCDM é dividido em duas categorias de aplicação: Método de Decisões Multi Atributos (MADM), aplicada a problemas com critérios discretos, onde o objetivo é projetar a melhor alternativa dadas alternativas explícitas e finitas e avaliação de todos os atributos; e Método de Decisões Multi Objetivos (MODM), aplicado a problemas com critérios contínuos, onde os atributos não são predeterminados, onde o objetivo é projetar a melhor solução para uma série de restrições (FARAHANI et al., 2010; VINOGRADOVA, 2019; LIU; TZENG, 2012).

No contexto da tribologia, ferramentas MADM encaixam-se em diferentes situações para resolução de problemas de diferentes complexidades. Estudos demonstraram a efetividade do uso das ferramentas TOPSIS, VIKOR, ELECTRE e COPRAS para auxiliar na parametrização de um processo de deposição utilizando banho de cromo trivalente. Este foi postumamente validado utilizando a ferramenta AHP para determinar o melhor resultado para uma condição tribológica específica (FEIZABADI et al., 2017). As técnicas ANN e MCMDM provaram ser eficientes em reduzir a quantidade de experimentos práticos para o desenvolvimento de óleos lubrificantes biodegradáveis



com glicerol, óleo de rícino, e líquido da casca da castanha de caju (BHAUMIK; KAMARAJ, 2020).

Dado o vasto emprego de ferramentas MADM, e a falta de trabalhos à relacionando com a seleção de fluidos de corte, este trabalho se empenha em utilizar ferramentas MADM com objetivo de classificar um banco de dados de fluidos de corte e selecionar o mais adequado à usinagem de alta velocidade de liga de alumínio série 7XXXX, classe AA7050.

3. METODOLOGIA EXPERIMENTAL

Os dados experimentais de fluidos utilizados provêm de pesquisas em manufatura sustentável realizadas na Universidade Tecnológica Federal do Paraná, campus Londrina/PR, baseadas em um banco de dados de 31 tipos de fluidos semi-sintéticos, sintéticos e de base vegetal, com informações condições de usinagem, tais como: potência de desbaste, condições de usinabilidade, aspectos microbiológicos, tribológicos e resultados físico-químicos de cada fluido. A partir deste banco de dados, foram selecionados 15 fluidos, classificados na Tabela 1, com as abreviações representando: 1: semi-sintético; 2: sintético; 3: vegetal. Foram selecionados para os estudos aqueles que possuíssem características adaptadas para aplicação em usinagem HSM.

Tabela 1—Fluidos testados em laboratório que compõem o experimento.

Fluido	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M	N	O
Tipo	1	1	1	2	2	1	1	3	2	1	3	2	3	3	2

Fonte: Autoria Própria.

Os experimentos avaliaram os fluidos em quatro características: usinabilidade, microbiologia, tribologia, e características físico-químicas. Em termos de usinabilidade, os corpos de prova foram fabricados em liga de alumínio série 7XXXX, classe AA7050, em usinagem de desbaste e potência para três condições, com rotação fixa de 12000 RPM com avanços de 0,05, 0,15 e 0,30 mm/dente. A avaliação considerou as condições nas regiões estruturais e de parede fina, com avaliação de erro de forma, potência e rugosidade. Em termos de aspectos microbiológicos, a contagem de quantidade fungi e colônia de bactérias foi determinada pela Unidade Formadora de Colônia (CFU) em

CFU/ml. O número de dias até formação de fubá (inviabilidade de uso do fluido) foi usado como comparativo. Em termos de tribologia, testes com anel de carboneto foram levados em consideração para mensurar o desgaste e formação de filme lubrificante na interface utilizando teste de Reichert (LUTIF et al., 2014). Para os critérios físico-químicos, foi necessário o uso de uma emulsão com composição de 20% do óleo avaliado, 8% de surfactante, e 72% de água para determinar a capacidade de resfriamento e área de desgaste em teste tribológico. A capacidade de resfriamento é avaliada pela mensuração da temperatura nos pinos do teste de Reichert (feito com auxílio de termopares). Alteração na composição da água é também um critério, já que o teste perdurou por meses. Os detalhes de todos os critérios considerados na avaliação para cada grupo avaliado foram condensados na Tabela 5.

MCDM ranqueia os fluidos de corte de acordo com a aplicação, sendo este o melhor método para tratar dados quantitativos com grande acuracidade. Para o presente caso, o método MADM, já que as conclusões dependem da análise de diversos atributos conhecidos e previamente fixados. Este método auxilia na escolha das ferramentas mais frequentes em estudos, sem considerar métodos híbridos com baixa incidência por estes serem adaptações e com aplicabilidade restrita. A densidade de artigos publicados na área de MADM é também fator crítico para a escolha do método. O banco de dados da *Web of Science*, desenvolvido pelo *Institute for Scientific Information (ISI)*, foi utilizado para esta pesquisa. Foi selecionado três métodos dentre os mais frequentemente utilizados em literatura, e diferentes combinações de pesos e sistemas de normalização foram aplicados. Dois estágios de pesquisa foram necessários, com forte orientação em artigos contendo referências ao tema no título e resumo. Apenas métodos simples foram contabilizados no primeiro estágio com métodos híbridos contabilizados no segundo estágio de pesquisa.

O Processo Hierárquico Analítico (AHP) é o mais apropriado devido à seleção de atributos simples. Portanto, é utilizado no estudo para avaliar os critérios baseados em sistemas de pesos. A implementação do método possui três etapas: a primeira é a definição do objetivo geral, que no caso do presente estudo é a seleção do método MCDM. A partir dele, o primeiro nível é composto de objetivos intermediários, enquanto o segundo e terceiro nível são compostos de critérios e alternativas.



Na segunda etapa, são definidas as prioridades. São três critérios considerados: **complexidade computacional**, que leva em consideração tanto a implementação do código quanto a complexidade de processamento; **versatilidade**, que considera a abrangência de problemas a qual o método pode ser aplicado; e **agilidade**, que por sua vez considera o tempo e dificuldade envolvido na preparação da matriz, que é compreendida como o número de variáveis a serem analisadas na matriz de decisão. O critério para completar a matriz segue a escala fundamental de números absolutos definido por Saaty (1987), onde o preenchimento é feito entre pares. Desta forma, a relação deve ser recíproca: se X é 4 vezes mais importante que Y, então Y é ¼ mais importante que X, por exemplo.

Então, cada coluna é somada para cálculo do autovetor, seguido de sua normalização pelo método VIKOR (Equação 1) para obtenção do peso resultante de cada critério na decisão final. Os pesos locais e globais de cada critério são os autovetores, que correspondem à média geométrica da linha, calculado pela Equação 2. A resultante é a matriz comparação do critério demonstrada na Equação 3, onde em vermelho são os autovetores, em verde são os autovetores normalizados, e em negrito, a somatória das colunas.

$$r_{ij} = \frac{x_j^{max} - x_{ij}}{x_j^{max} - x_j^{min}} \quad (1)$$

$$w_i = \sqrt[n]{\prod_{j=1}^n a_{ij}}, j = 1, 2, \dots, n. \quad (2)$$

$$\begin{bmatrix} 1,00 & 3,00 & 2,00 & 1,82 & 51,57\% \\ 0,33 & 1,00 & 0,25 & 0,44 & 12,43\% \\ 0,50 & 4,00 & 1,00 & 1,26 & 35,86\% \\ 1,83 & 8,00 & 3,25 & 3,51 & 100,00\% \end{bmatrix} \quad (3)$$

A etapa tem fim com a normalização do autovetor, que consiste da razão entre o autovetor calculado e a soma total da coluna dos autovetores. O autovalor máximo (λ_{max}) é calculado, para o qual cada autovetor (T) é multiplicado pela soma das colunas da matriz de comparação (w).

A terceira etapa é a verificação de consistência lógica, feita calculando o máximo autovalor, que consiste da soma da multiplicação de cada coluna pelo autovetor normalizado. O índice de consistência (IC) é tido pela Equação 4, enquanto a razão de



consistência (RC) é a razão de IC por 0,58, recomendado por Saaty (1987) para matrizes de terceira ordem. Para servir como métrica na análise via diagrama de Pareto: valores menores que ou iguais a 0,1 indicam que os valores assumidos não violam o diagrama recomendado.

$$IC = \frac{\lambda_{max} - N}{N - 1} \quad (4)$$

4. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Para os três critérios levantados no estudo, pesos foram associados em uma escala de 0-10, com os valores normalizados diretamente relacionados sendo observados na Tabela 3. Para complexidade computacional, um alto valor indica grande complexidade no uso da ferramenta. Neste autovalor, a implementação do código ANN é mais complexo que as outras ferramentas, portanto recebendo o maior valor. O método TOPSIS possui menor complexidade de implementação. Na análise de versatilidade, o método ANN é o que possui menor resultado, dada a necessidade de tempo de treinamento e conseqüente elevado custo de implementação comparado aos demais. Em termos de agilidade, a estrutura da matriz de decisão do método TOPSIS coloca o método à frente dos demais. A matriz de decisão, apresentada na Tabela 4, é concluída, com todos os critérios apontando para o método TOPSIS como a melhor decisão dentre as demais.

Tabela 3—Análise dos critérios pela atribuição de pesos para as alternativas consideradas.

Alternativas	Complexidade Computacional	Normalização	Versatilidade	Normalização	Agilidade	Normalizado
AHP	6	23%	7	26%	6	25%
TOPSIS	4	34%	8	30%	7	29%
AHP-TOPSIS	5	27%	7	26%	6	25%
ANNs	9	15%	5	19%	5	21%
Σ	24	100%	27	100%	24	100%

Fonte: Autoria Própria.

Tabela 4—Matriz de decisão resultante.

	Complexidade Computacional	Versatilidade	Agilidade	Vetor de Decisão
AHP	23%	26%	25%	24%
TOPSIS	34%	30%	29%	32%
AHP-TOPSIS	27%	26%	25%	26%
ANNs	15%	19%	21%	18%

Fonte: Autoria Própria.

4.1. APLICAÇÃO DA FERRAMENTA TOPSIS

Três passos são necessários para aplicar a ferramenta TOPSIS: construção da matriz de decisão, determinação dos pesos para cada critério, e identificação da solução ideal, se é um critério de benefício (valor máximo) ou critério de custo (valor mínimo). A matriz de decisão compreende informações de fluidos em linha (15 totais) e critérios em colunas (35 totais). No estágio de atribuição de pesos da matriz normalizada, duas formas são consideradas: pesos pelo critério de maior impacto e pelo método de entropia. No primeiro formato, o critério é dividido em dois grupos, diretamente relacionados à qualidade do processo de usinagem e a natureza do fluido (15 critérios) e os secundários com impacto mais sutil (20 critérios). Um peso igualitário foi então considerado para cada critério com o impacto mais significativo, correspondendo a 60% do peso total, resultando em 4% para cada critério. Similarmente, os critérios secundários resultaram em peso de 2% para cada critério. Na etapa de identificação, aquele a qual a solução ideal for o maior valor positivo (A+) ou o menor valor negativo (A-) é definido. A escolha de performance é baseada em custo (melhor resultado em menor valor) e benefício de cada critério (melhor benefício resulta em valor mais excelente).

A normalização tem o mesmo propósito do método AHP: padronizar a performance de cada critério, com a normalização realizada por meio da Equação 5. A determinação dos pesos pode ser subjetiva, definida por AHP ou método de Entropia. Os valores de entropia da matriz P e o peso de cada critério são definidos pelas equações 6 e 7.



$$p_{ij} = \frac{x_{ij}}{\sqrt{\sum x_{ij}^2}}, i, j = 1, 2, \dots, m \quad (5)$$

$$e_j = \frac{1}{\ln(m)} \sum_{i=1}^m p_{ij} \ln(p_{ij}) \quad (6)$$

$$w_i = \frac{1 - e_j}{\sum_{i=1}^m (1 - e_j)} \quad (7)$$

Com os valores normalizados, a matriz P assume o formato $V_{ij} = w_i \times p_{ij}$. As medidas de separação para as alternativas, distância n-Euclidiana para a solução ideal positiva e negativa (Equações 8 e 9) são necessárias para calcular o valor de similaridade para solução ideal positiva (Equação 10), que é igual à alternativa mais próxima da solução ideal positiva e mais distante da solução ideal negativa.

$$+d_i = \sqrt{\sum_{j=1, 2, \dots, m} (V_{ij} - (+p_j))^2}, i \quad (8)$$

$$-d_i = \sqrt{\sum_{j=1, 2, \dots, m} (V_{ij} - (-p_j))^2}, i \quad (9)$$

$$C_i = \frac{-d_i}{(+d_i) + (-d_i)}, i = 1, 2, \dots, m \quad (10)$$

Os resultados da implementação do método TOPSIS para cada critério considerado estão organizados na Tabela 5. Todos os resultados da aplicação do método para as três condições de desbaste indicam para o fluido “H” como o mais próximo da solução ideal, como pode ser observado no gráfico da Figura 1. A aplicação do mesmo teste considerando o sistema de pesos utilizando o método de entropia corroboram com os resultados, já que o mesmo não utiliza critérios subjetivos, como é evidenciado no gráfico da Figura 2. Entretanto, é necessário considerar os critérios de resultado que podem ser relevantes para o propósito e apresentar maior relevância na análise.

Tabela 5 — Performance ideal, importância e pesos dos critérios atribuídos a cada atributo considerado.

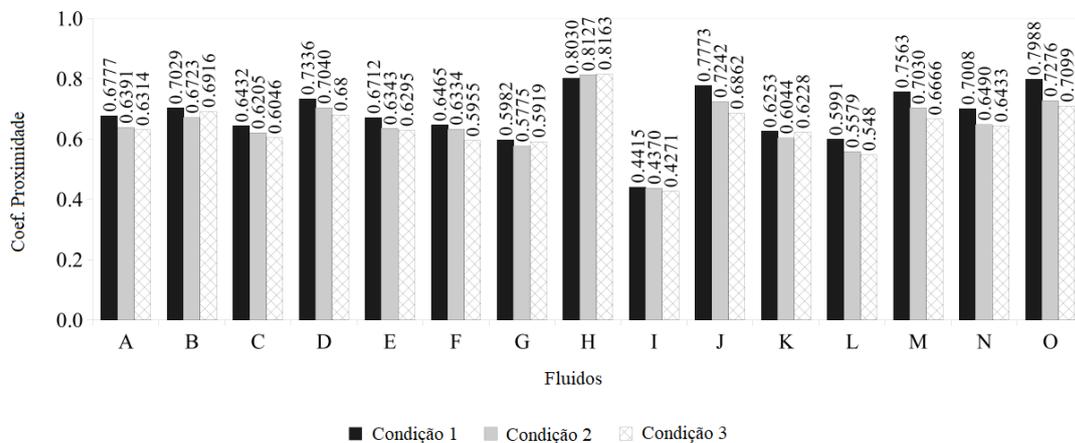
Teste	Atributo	Importância	Peso	Peso (Entropia)	Ideal	Valor	Valor (Entropia)
Desbaste	Cond. 1,2 e 3. 12000 RPM, Av 0,05; 0,15 e 0,30 mm/dente	++	0,04	0,0065; 0,0182; 0,0415	MAX	1	1
Potência de Desbaste	Cond. 1, 2 e 3	++	0,04	0,0080; 0,0239; 0,0243	MIN	0	0
Acabamento da Matriz	A74 fz=0,20; A75 fz=0,25; A76 fz=0,30	+	0,02	0,1092; 0,1212; 0,1143	MIN	0	0
Peça Estrutural	Erro de forma	++	0,04	0,0139	MIN	0	0
Peça Estrutural	Potência	++	0,04	0,0053	MIN	0	0
Parede Fina	Erro de forma	++	0,04	0,0128	MIN	0	0
Parede Fina	Rugosidade	++	0,04	0,1521	MIN	0	0
Parede Fina	Potência	++	0,04	0,0060	MIN	0	0
Microbiológico	Fungi	+	0,02	0,0000	MIN	1	1
Microbiológico	Bactéria	++	0,04	0,1770	MIN	0	0
Microbiológico	Fubá (dias)	++	0,04	0,0021	MAX	1	1
Reichert	Área de desgaste	++	0,04	0,0042	MIN	0	0
Reichert	Molhabilidade	+	0,02	0,0014	MIN	0	0
Reichert	Detergência	+	0,02	0,0269	MAX	1	1
Reichert	Temperatura (°C)	+	0,02	0,0027	MIN	0	0
Reichert	Forma de desgaste	+	0,02	0,0347	MAX	1	1
Água	Espuma	++	0,04	0,0233	MIN	0	0
Água	Corrosão	+	0,02	0,0000	MIN*	0	1
Água	Elementos inorgânicos proibidos	+	0,02	0,0000	MIN	0	1
Água	Turbidez	+	0,02	0,0071	MIN	0	0
Água	pH	+	0,02	0,0000	MAX	1	1
Água	Alcalinidade	+	0,02	0,0001	MAX	1	1
Água	Cloretos	+	0,02	0,0021	MIN	0	0
Água	Dureza	+	0,02	0,0101	MAX	1	1
Água	Condutividade	+	0,02	0,0001	MAX	1	1
Água	Sólidos totais	+	0,02	0,1243	MIN	0	0
Emulsão	Concentração média	++	0,04	0,0009	MIN	0	0
Emulsão	Índice de refração	++	0,04	0,0032	MIN	0	0
Emulsão	Estabilidade	+	0,02	0,0000	MAX	1	1

Teste	Atributo	Importância	Peso	Peso (Entropia)	Ideal	Valor	Valor (Entropia)
Emulsão	Acidez	+	0,02	0,0002	MAX	1	1
Emulsão	Névoa	++	0,04	0,0269	MAX	1	1
Emulsão	Coloração	+	0,02	0,0000	MIN	0	0
Emulsão	Natureza	++	0,04	0,0034	MAX	1	1

Fonte: Autoria Própria.

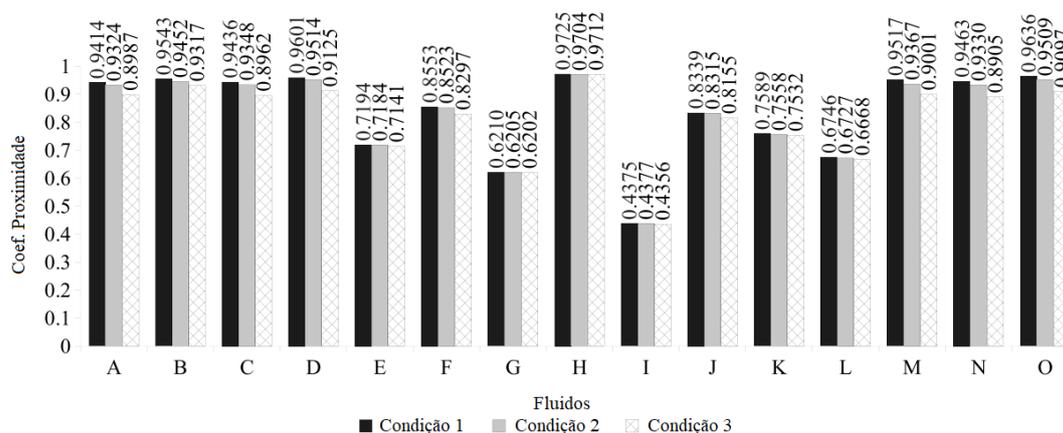
É importante ressaltar que, para a maioria dos problemas que os métodos de decisão são utilizados para a sua resolução, a grande maioria apresenta critérios de maior importância na análise e, portanto, devem se destacar nos pesos utilizados. O método híbrido AHP-TOPSIS, como alternativa, considera o julgamento de cada critério em relação aos demais para encontrar um peso que destaque os principais pontos em análise. No entanto, seu uso não foi considerado porque, em muitos critérios, compará-los é sensível e difícil de quantificar.

Figura 1—Coeficiente de proximidade para os fluidos avaliados nas condições: (1) $A_v=0,05$ mm/dente; (2) $A_v=0,15$ mm/dente; (3) $A_v=0,30$ mm/dente.



Fonte: Autoria Própria.

Figura 2 — Coeficiente de proximidade para os fluidos avaliados pelo método de entropia nas condições: (1) $A_v=0,05$ mm/dente; (2) $A_v=0,15$ mm/dente; (3) $A_v=0,30$ mm/dente.



Fonte: Autoria Própria.

5. CONCLUSÕES

Através do trabalho desenvolvido, foi possível confirmar a efetividade das ferramentas MCDM para tomada de decisões que envolvam critérios majoritariamente subjetivos, quantitativos e técnicos. A escolha do método AHP para seleção dos critérios para classificação dos fluidos de corte provou-se apropriada devido a sua confiabilidade, literatura abundante à disposição, e algoritmos de implementação facilitada. Os resultados obtidos relacionados aos três critérios considerados (complexidade, versatilidade e agilidade) apontaram para o método TOPSIS com relativa margem de diferença: 34% para complexidade, 30% para versatilidade e 29% para agilidade, com vetor de decisão resultante de 32%.

O método AHP tem resultado comprovado através da efetividade da implementação do método TOPSIS, o qual, tanto para o critério decisão mais crítica quanto pelo método de entropia, possuem resultados convergindo para o fluido “H” como o mais adaptável à usinagem dentro das condições impostas. Para todas as três condições de usinagem estabelecidas, o método classificou o fluido “H” com baixo desvio padrão nos resultados do coeficiente de proximidade: $0,8107 \pm 0,0069$ para o método de critério mais crítico; $0,9714 \pm 0,0011$ para o método de entropia.

Portanto, a implementação da ferramenta MCDM provou-se efetiva quando colocada em contexto de usinagem e seleção de fluidos de corte, uma ferramenta com

grande potencial para solução de problemas relacionados à seleção do produto correto considerando diferentes e diversos critérios.

REFERÊNCIAS

- ABDEL-BASSET, M et al. Evaluation of sustainable hydrogen production options using an advanced hybrid MCDM approach: A case study. *International Journal of Hydrogen Energy*, v. 46, n. 5, p. 4567-4597, 2021.
- BHAUMIK, S.; KAMARAJ, M. Artificial neural network and multi-criterion decision making approach of designing a blend of biodegradable lubricants and investigating its tribological properties. *Journal of Engineering Tribology*, v. 235, n. 8, p. 1575-1589, 2020.
- BIBIN, C.; DEVARAJAN, Y.; BHARADWAJ, A. e. a. Detailed analysis on nonedible waste-feedstock as a newable cutting fluid for sustainable machining process. *Biomass Conv. Bioref.*, Springer, 2021.
- CHERYAN, M.; RAJAGOPALAN, N. Membrane processing of oily streams. Wastewater treatment and waste reduction. *Journal of Membrane Science*, v. 151, n. 1, p. 13-28, 1998.
- COLSON, G.; BRUYN, C. D. Editorial: Models and methods in multiple objectives decision making. In: COLSON, G.; DE BRUYN, C.; RODIN, E. (Ed.) *Models and Methods in Mutiple Criteria Decision Making*. Amsterdam: Pergamon, 1989, (International Series in Modern Applied Mathematics and Computer Science). p. 1201-1211.
- EBERHARDT, C. et al. Experimental validation of an intelligent hybrid plain bearing active control. *Journal of Tribology*, v. 143, n. 4, p. 041802, 2021.
- FARAHANI, R. Z.; STEADIESEIFI, M.; ASGARI, N. Multiple criteria facility location problems: A survey. *Applied Mathematical Modelling*, v. 34, n. 7, p. 1689-1709, 2010.
- FEIZABADI, A. et al. MCDM selection of pulse parameters for best tribological performance of Cr-Al₂O₃ nano-composite co-deposited from trivalent chromium bath. *Journal of Alloys and Compounds*, v. 727, p. 286-296, 2017.
- GARSIDE, M. Lubricants demand worldwide. Disponível em: <<https://www.statista.com/statistics/411616/lubricantsdemandworldwide/>>. Acesso em: 29-nov-2022. 2019.
- GONÇALVES, C. D. F.; DIAS, J. A. M.; MACHADO, V. A. C. Multi-criteria decision methodology for selecting maintenance key performance indicators. *International Journal of Management Science and Engineering Management*, v. 10, n. 3, p. 215-223, 2015.



- HOLMES, P. M. Factors affecting the selection of cutting fluids. *Industrial Lubrication and Tribology*, v. 23, n. 2, p. 47-55, 1971.
- KABAK, M. et al. A gis-based MCDM approach for the evaluation of bike-shared stations. *Journal of Cleaner Production*, v. 201, p. 49-60, 2018.
- KIMINAMI, C. S.; CASTRO, W. B. de; OLIVEIRA, M. F. de. *Introdução aos processos de fabricação de produtos metálicos*. São Paulo/SP: Editora Blucher, 2018. ISBN 9788521213123.
- LIEW, P. J. et al. An overview of current status of cutting fluids and cooling techniques of turning hard steel. *International Journal of Heat and Mass Transfer*, v. 114, p. 380-394, 2017.
- LIOU, J. J. H.; TZENG, G. Comments on “multiple criteria decision making (MCDM) methods in economics: an overview”. *Technological and Economic Development of Economy*, v. 18, n. 4, p. 672-695, 2012.
- LISBOA, F. C. d. Corte: uma abordagem geral e novas tendências. In: *Anais do Encontro Nacional de Engenharia de Produção*. Salvador/BA: Associação Brasileira de Engenharia de Produção, 2013, 2013, v. 33, p. 2-16.
- LUTIF, S. Y. S. et al. Comportamento do óleo de moringa em análises de lubrificação utilizando tribômetro Reichert test. *Revista Tecnológica*, p. 257-264, 2014.
- MADIĆ, M. et al. Application of the ROV method for the selection of cutting fluids. *Decision Science Letters*, v. 5, n. 2, p. 245-254, 2016.
- MANIKANTA, J. E. et al. Machining performance of SS304 using nontoxic biodegradable vegetable-based cutting fluids. *Chemical Data Collections*, v. 42, p. 100961, 2022.
- MARDANI, A. et al. Multiple criteria decision-making techniques and their applications - a review of the literature from 2000 to 2014. *Economic research = Ekonomika istraživanja*, v. 28, n. 1, p. 516-571, 2015.
- MOUSAVI-NASAB, S. H.; SOTOUDEH-ANVARI, A. A comprehensive MCDM-based approach using TOPSIS, COPRAS and DEA as an auxiliary tool for material selection problems. *Materials & Design*, v. 121, p. 237-253, 2017.
- SAARIKOSKI, H. et al. Multimethod valuation of peatland ecosystem services: Combining choice experiment, multicriteria decision analysis and deliberative valuation. *Ecosystem Services*, v. 57, p. 101471, 2022.
- SAATY, R. W. The analytic hierarchy process - What it is and how it is used. *Mathematical Modelling*, v. 9, n. 3-5, p. 161-176, 1987.



- SAHA, D.; SATAPATHY, B. K. Performance sensitivity analysis of natural mineral silicates filled friction composites using GD-ANN approach. *Journal of Tribology*, v. 144, n. 12, p. 12102, 2022.
- SAHA, D.; SATAPATHY, B. K. Turning of friction oscillation amplitude in halloysite, montmorillonite, and wollastonite filled friction composites: load, speed, and temperature sensitivity. *Journal of Tribology*, v. 144, n. 6, p. 061706, 2022.
- SHALABAY, M. A.; VELDHUIS, S. C. Effect of cutting speed on chipping and wear of the sialon ceramic tool in dry finish turning of He precipitation hardenable in 100 aerospace superalloy. *Journal of Tribology*, v. 141, n. 2, p. 021604, 2019.
- SINGH, A.; MALIK, S. K. Major MCDM techniques and their application - a review. *IOSR Journal of Engineering*, v. 4, n. 5, p. 15-25, 2014.
- SOKOVIĆ, M.; MIJANOVIĆ, K. Ecological aspects of the cutting fluids and its influence on quantifiable parameters of the cutting process. *Journal of Materials Processing Technology*, v. 109, n. 1, p. 181-189, 2001.
- SOUZA, M. C. d. et al. Tribological evaluation of the jatropha and tung-based oils as bio-lubricants on Al-7050-T451 alloy. *J. Braz. Soc. of Mech. Sci. Eng.*, Springer, v. 41, n. 243, p. 1-11, 2019.
- SOUZA, M. C. de et al. Use of jatropha and moringa oils for lubricants: Metalworking fluids more environmental-friendly. *Industrial Crops and Products*, v. 129, p. 594-603, 2019.
- TORKAYESH, A. E.; TORKAYESH, S. E. Evaluation of information and communication technology development in G7 countries: An integrated MCDM approach. *Technology in Society*, v. 66, p. 101670, 2021.
- VINOGRADOVA, I. Multi-attribute decision-making methods as a part of mathematical optimization. *Mathematics*, v. 7, n. 10, 2019.
- WU, X. et al. Circulating purification of cutting fluids: an overview. *The International Journal of Advanced Manufacturing Technology*, v. 117, p. 2565-2600, 2021.



CAPÍTULO XXIII

ANÁLISE SWOT NO DIAGNÓSTICO ESTRATÉGICO DA ASSOCIAÇÃO MUNICIPAL DE APICULTORES DE JACOBINA - PI

SWOT ANALYSIS IN THE STRATEGIC DIAGNOSIS OF THE MUNICIPAL ASSOCIATION OF BEEKEEPERS OF JACOBINA – PI

DOI: 10.51859/ampla.mas3200-23

Eduardo Sousa da Silva ¹
Kelly Lurdes do Nascimento ¹
Luana Silva Sepedro ¹
Michelle Sousa da Conceição ¹
Roseany de Carvalho Sousa ¹
Elba Borges da Silva ²

¹ Discente do curso Bacharelado em Administração do Instituto Federal do Piauí, Campus Paulistana.

² Docente do Curso Bacharelado em Administração do Instituto Federal do Piauí, Campus Paulistana.

RESUMO

O presente estudo buscou auxiliar na construção da análise ambiental (ou SWOT) da Associação Municipal de Apicultores em Jacobina – PI (JACOMEL). A pesquisa tem uma abordagem qualitativa, descritiva e exploratória, sendo realizado um estudo de caso com o gestor da Jacomel. Para a coleta de dados aplicou-se uma entrevista com o o presidente da organização, a fim de obter informações sobre os pontos fortes, fracos, oportunidades e ameaças da associação. Como resultado identificou-se alguns pontos fracos e ameaças como a falta de recursos públicos, o uso do agrotóxico, a chegada das mineradoras e a falta de acompanhamento técnico. Além disso, identificou-se alguns pontos positivos e oportunidades como o fundo de sustentabilidade, a capacitação dos associados, flora favorável à produção de mel e garantia de mercado. A partir desses resultados foi possível notar a importância da autoavaliação e da ampliação dos conhecimentos organizacionais. Como ação interventiva foi entregue e apresentado os resultados da análise SWOT e, também, realizado uma palestra com os associados para discutir assuntos relevantes para o manejo da produção apícola.

Palavras-chave: Gestão estratégica. Análise SWOT. Apicultura.

ABSTRACT

The present study sought to assist in the construction of the environmental analysis (or SWOT) of the Municipal Beekeepers Association in Jacobina - PI. The research has a qualitative, descriptive and exploratory approach, being carried out a case study with the manager of Jacomel. For data collection, an interview was applied with the president of the organization, in order to get information about the association's strengths, weaknesses, opportunities and threats. As a result, some weaknesses and threats were identified, such as the lack of public resources, the use of pesticides, the arrival of mining companies and the lack of technical monitoring. In addition, some positive points and opportunities were identified, such as the sustainability fund, training of associates, flora favorable to honey production and market guarantee. From these results it was possible to notice the importance of self-assessment and the expansion of organizational knowledge. As an intervention action, the results of the SWOT analysis were delivered and presented, and a lecture was also held with the associates to discuss relevant issues for the management of beekeeping production.

Keywords: Strategic management. SWOT Analysis. Beekeeping.

1. INTRODUÇÃO

No Brasil, o Paraná, em 2019, foi o maior produtor de mel do país, principalmente pelo bom desempenho da pequena cidade de Ortigueira, nos Campos Gerais, com 22 mil habitantes. A cidade paranaense sozinha conseguiu 795,4 toneladas de mel, logo seguida de cidades como Botucatu (São Paulo) e Arapoti (Paraná). O Estado colheu 7.229 toneladas do produto no ano (G1, 2021).

Já em 2021, segundo o Ministério da Economia, o Piauí obteve 29,1% das exportações de mel no país, tendo os municípios de São Raimundo Nonato e Picos como destaques. Diante desse contexto, o objeto de estudo foi a Associação Municipal de Apicultores de Jacobina-PI, mais conhecida como Jacomel. Segundo Mota (2020), a Jacomel é a segunda maior cadeia produtiva da cidade de Jacobina-PI, sendo injetado só em 2020 quase meio milhão de reais na economia do município. Atualmente a produção de mel é uma das maiores da região, contando com 67 associados e produzindo 63.447 kg de mel em 2020.

A presente pesquisa justifica-se pela necessidade de autoconhecimento interno que muitas organizações não possuem, bem como a avaliação dos fatores externos, para que não comprometam o negócio. Dessa forma, é importante que as organizações conheçam seus pontos fortes, fracos, suas ameaças e oportunidades (MATRIZ FOFA) para assim, conseguir traçar estratégias visando o alcance dos objetivos e metas (PAULA, 2015).

Sobretudo, este trabalho se torna importante devido à análise dos pontos fortes, fracos, ameaças e oportunidades (MATRIZ FOFA) da Jacomel. Pois, o gestor deve pensar de uma forma estratégica, verificando onde estão suas deficiências e procurando sempre melhorias para suprir possíveis necessidades.

Forças e fraquezas existem por causa de recursos possuídos (ou não possuídos) pela empresa ou pela natureza de seus relacionamentos entre a empresa e seus consumidores, empregados ou organizações exteriores (por exemplo, parceiros da cadeia de suprimentos, fornecedores, instituições financeiras e órgãos do governo) (FERRELL e HARTLINE, 2009). E, assim, contribuirá com o desenvolvimento da associação e dos seus filiados, através da análise realizada na organização.

A problemática da pesquisa parte da seguinte indagação: Como auxiliar na construção da análise ambiental (ou SWOT) da Associação Municipal de Apicultores em Jacobina - PI?

Diante disso, este estudo tem como objetivo geral auxiliar na construção da análise ambiental (ou SWOT) da Associação Municipal de Apicultores em Jacobina -PI. Como objetivos específicos, buscou: i) ampliar o autoconhecimento interno; ii) avaliar os fatores externos que possam intervir na associação; iii) Verificar o desenvolvimento da apicultura na região; iv) mostrar os resultados da análise SWOT realizada na organização.

2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

2.1. GESTÃO ESTRATÉGICA

A gestão estratégica de acordo com Camargo(2017) é o “gerenciamento de todos os recursos de uma organização para alcançar objetivos e metas”. Dessa forma, a empresa vai buscar estratégias para identificar o posicionamento diante dos demais concorrentes, ampliando o autoconhecimento interno e avaliando as ameaças e oportunidades que envolvem o ambiente externo.

Para colocar a Gestão Estratégica em prática é preciso primeiro fazer um diagnóstico da gestão, traçando um panorama atual da situação. Logo em seguida, os gestores devem responder a perguntas e que ações serão sugeridas para solucionar cada questão individual da gestão organizacional, pesquisando novas ferramentas de gestão que possam ser utilizadas como, por exemplo: ferramentas para capacitar os colaboradores, de inovação e para avaliar os concorrentes(ANGELO, 2020).

Existem diferenças entre Gestão Estratégica e Planejamento Estratégico, mesmo sendo um tema alinhado ao outro. Planejamento Estratégico é um plano de ação que define estratégias para o longo prazo da empresa, já a Gestão Estratégica diz respeito à implementação, análise, monitoramento e ajustes no plano (COLLEONI, 2021).

2.1.1. ANÁLISE SWOT

A análise SWOT, ou FOFA (forças, oportunidades, fraquezas e ameaças), é uma ferramenta de gestão que visa fazer um diagnóstico, avaliando os cenários/ambientes (interno e externo) antes de tomar uma decisão e investigando os pontos fortes, os pontos fracos, oportunidades e ameaças de uma organização (CASAROTTO,2019).

No ambiente interno estão as forças e fraquezas, sendo que forças são as vantagens e as fraquezas são as desvantagens que a organização tem perante seus concorrentes. As forças são diferenciais competitivos como, por exemplo: as melhores atividades/serviços/produtos no empreendimento, a vantagem competitiva da empresa e o que deixa a clientela feliz. Já as fraquezas, interferem negativamente no andamento da organização. A análise FOFA identifica os defeitos do negócio, examinando e observando de maneira Bindividual, dessa forma, procura-se resolver os possíveis problemas a curto ou longo prazo (IMME, 2019).

Já no ambiente externo, estão as oportunidades e ameaças, sendo que as oportunidades são forças externas que influenciam positivamente na organização e ,as ameaças, negativamente. As políticas públicas de ampliação de crédito, redução temporária de impostos e eventos esportivos ou culturais na região são exemplos de oportunidades e, nova política de tributação, a variação cambial, grande concorrente entrando no mercado são exemplos de ameaças (PAULA, 2015).

2.2. A IMPORTÂNCIA DA APICULTURA

A apicultura é uma atividade agrícola que se refere à criação racional do gênero abelha melífera. Langler (2008) destaca que no Brasil a atividade vem se desenvolvendo desde o século XIX, e nos últimos anos a apicultura assumiu um papel importante no agronegócio, principalmente em 2002 quando o Brasil passou de importador para exportador de mel depois. Este fato mostra claramente que existe um enorme potencial para o desenvolvimento e crescimento do mercado das atividades apícolas.

Durante essa transição, os indivíduos que deixam de agir isoladamente e passam a trabalhar juntos para reduzir as dificuldades pessoais encontrarão maiores oportunidades de sucesso nos negócios. Nas atividades apícolas, os principais produtos obtidos e comercializados são mel, cera, própolis e geleia real. Nos últimos anos, tem-se assistido também a uma crescente participação da apicultura, nomeadamente serviços de polinização, em que as colmeias são arrendadas a produtores de outra cultura para aumentar o rendimento dessa cultura (SOUZA, 2019).

Oriundo da apicultura, o mel é considerado o produto fácil de ser explorado da atividade apícola, além de ser o mais conhecido e com maiores possibilidades de comercialização, sendo utilizado como alimento e para fins farmacêuticos e cosméticos. Apresentando elevado valor energético, é consumido em diversos países, tendo importância para a saúde humana

quando puro, por apresentar diversas propriedades: antimicrobiana, curativa, calmante, regenerativa de tecidos, estimulantes, dentre outras (TOMAZINI; GROSSI, 2019).

De acordo Souza (2019), a apicultura exige mais cuidados, muitos apicultores encontram outra fonte de renda nessa atividade. Além disso, por sua própria natureza, a apicultura é uma atividade de conservação de espécies e uma das poucas atividades agrícolas autossustentáveis que gera renda para os agricultores, utiliza mão de obra familiar no campo, garante a inclusão e não exige desmatamento para criar abelhas.

3. ESTRATÉGIA METODOLÓGICA

3.1. MÉTODO DA PESQUISA

Para obter os resultados e respostas acerca da problematização apresentada neste estudo, utilizou-se a abordagem qualitativa, pois segundo Gil (2010), tal abordagem requer um estudo amplo do objetivo de pesquisa, no qual considera o contexto em que ele está inserido e as características da sociedade pertencente. Quanto à forma de estudo classifica-se como descritiva e exploratória que, segundo Marconi e Lakatos (2003), têm por objetivo descrever completamente um determinado fenômeno para o qual são realizadas análises empíricas e teóricas.

Assim como o estudo de caso, o qual “Consiste no estudo profundo e exaustivo de um ou poucos objetos, de maneira que permita seu amplo detalhado conhecimento, mediante outros delineamentos já considerados.” (GIL, 2010, p. 37). Além disso, utilizou-se também a pesquisa-ação que é uma forma de investigação-ação, “quando concebida e realizada em estreita associação com uma ação ou com a resolução de um problema coletivo. Os pesquisadores e os participantes representativos da situação ou do problema estão envolvidos de modo cooperativo ou participativo (PRODANOV; FREITAS, 2013, p.65).”

3.2. LÓCUS DA PESQUISA

A Associação Municipal de Apicultores (JACOMEL), onde a pesquisa foi desenvolvida, está localizada no Município de Jacobina do Piauí, situada a cerca de 446 km da capital Teresina. O município possui uma área territorial de 1.333,796 km² e a população estimada é de 5.718 habitantes.

A JACOMEL é vinculada à Cooperativa Melcop, que é ligada à Central de Cooperativas Apícolas do Semiárido Brasileiro - CASA APIS. Com menos de três anos de

fundação, a JACOMEL já transforma a vida de muitos associados promovendo, principalmente, a independência financeira, fazendo a economia girar e promovendo ainda mais o desenvolvimento do município.

3.3. SUJEITO DA PESQUISA

Segundo Lira “Os sujeitos de pesquisa são a parte da população escolhida para ser observada e dela retirados os dados que darão conta dos objetivos propostos” (LIRA, 2019, p.31).

Para o desenvolvimento deste estudo, foi realizada uma entrevista on-line via Google Meet, com o Presidente da Associação Municipal de Apicultores de Jacobina-PI (JACOMEL).

3.4. INSTRUMENTO DE COLETA DE DADOS

Como instrumento de coleta de dados, foi realizada uma entrevista no dia 13 de maio de 2022, sendo construída com perguntas abertas, que segundo Sommer e Sommer (1986, p. 109) são perguntas que não se pode conhecer todas as respostas possíveis e tem como objetivo coletar informações com as próprias palavras do entrevistado, para assim possibilitar conhecer mais de perto os benefícios e as dificuldades que o sujeito da pesquisa pode oferecer para o desenvolvimento do estudo.

As perguntas foram elaboradas com base nas pesquisas sobre matriz swot, gestão estratégica e a importância da apicultura, sendo uma 01 questão sobre dados pessoais do presidente, 13 questões sobre aspectos internos da associação e 18 questões sobre aspectos externos da associação, totalizando 32 questões.

3.5. AÇÃO INTERVENTIVA

Como ação interventiva foi realizada uma palestra sobre a “importância da suplementação alimentar para as colônias de abelhas africanas”, objetivando orientar os associados a ter os cuidados essenciais para um melhor desenvolvimento na produção de mel.



4. RESULTADO E DISCUSSÕES

4.1. ASPECTOS INTERNOS

Em relação aos aspectos internos da associação, cada organização precisa avaliar periodicamente suas forças e fraquezas no contexto que está inserida, sendo analisada as competências de marketing, financeiras, de fabricação, entre outras, e classificando cada fator como uma força, uma grande força, uma característica neutra, uma fraqueza ou uma grande fraqueza. (KOTLER, 2000).

Os pontos fortes são variáveis internas e possíveis de controlar, propiciando condições vantajosas para a empresa em relação ao seu âmbito (REZENDE, 2008). Já os pontos fracos são considerados incapacidades que dificultam o desempenho da organização e devem ser melhoradas para que a empresa não venha à falência (MATOS, MATOS, ALMEIDA, 2007).

Ao ser questionado sobre o acompanhamento técnico, o entrevistado afirmou que havia escassez de assistência técnica para suprir a necessidade de todos apicultores, sendo que apenas alguns associados contavam com o auxílio. Pinheiro (2011) destaca a importância tanto da assistência técnica como gerencial nas associações que auxiliam os apicultores em todas as etapas de produção. Esses acompanhamentos mensais têm transformado os manejos, por meio de orientações para controle de nutrição, genética, manejo de espaços, controle populacional e análise de gestão.

Como ponto fraco também identificou-se a falta de um planejamento estratégico documentado, mesmo a associação tendo como meta atingir 100 toneladas de mel anual. Rovina (2018) ressalta a importância do planejamento estratégico para auxiliar no reconhecimento de problemas que podem surgir ao longo do tempo e identificar oportunidades de melhoria para as organizações.

Um dos pontos fortes citados pelo presidente é a sustentabilidade da atividade apicultora. Segundo Rocha (2022), a apicultura, dentro das atividades rurais, é uma das poucas atividades que preenche os requisitos do tripé da sustentabilidade: o econômico, o social e o ecológico.

Em relação aos outros pontos fortes, destacam-se na associação, os produtos de qualidade, metas definidas, uma associação unida, capacitação dos associados, reuniões

bimestralmente com os membros da associação e premiação para os que se destacam, conforme demonstra a tabela 1.

Tabela 1 - Forças e fraquezas identificadas na associação

FATORES POSITIVOS	FATORES NEGATIVOS
Análise Interna	
Forças	Fraquezas
<ul style="list-style-type: none"> ● Produtos de Qualidade ● Metas definidas ● Associação Unida ● Fundo de Sustentabilidade ● Capacitação dos associados ● Reuniões com os associados ● Premiação para os maiores produtores 	<ul style="list-style-type: none"> ● Planejamento estratégico não documentado ● Falta de acompanhamento técnico

Fonte: Dados da pesquisa, 2022.

4.2. ASPECTOS EXTERNOS

Considerando os aspectos externos da associação, que são suas oportunidades e ameaças diante o mercado no qual está inserido. Oportunidades e ameaças ocorrem tipicamente dentro dos ambientes competitivo, do consumidor, econômico, político/legal, tecnológico e/ou sociocultural (FERRELL e HARTLINE, 2009).

As oportunidades são situações, tendências ou fenômenos externos, atuais ou potenciais, que podem contribuir para a concretização dos objetivos estratégicos (CALLAES, BÔAS, GONZALES, 2006). Já as ameaças são fatores que não podem ser controlados pela empresa e são relevantes para o planejamento estratégico (MARTINS, 2007).

Como a associação JACOMEL, através da CASA APIS - A Central de Cooperativas Apícolas do Semi-Árido Brasileiro que segundo Casa Apis (2016), “trata-se de um empreendimento solidário, economicamente viável, socialmente justo e ambientalmente correto”, fornece uma garantia de mercado para seus associados, foi visto que os apicultores autônomos não são considerados como uma ameaça, pois eles não tem essa salvaguarda.

Tabela 2 - Oportunidades e ameaças identificadas na associação

FATORES POSITIVOS FATORES NEGATIVOS	
Análise Externa	
Oportunidades	Ameaças
<ul style="list-style-type: none"> ● Flora favorável a produção de mel ● Garantia de mercado ● A produção não foi afetada pela pandemia ● Reconhecida no mercado ● Conhece seus concorrentes ● Valor justo dos produtos 	<ul style="list-style-type: none"> ● O uso do Agrotóxico ● Chegada das Mineradoras ● Falta de recursos públicos

Fonte: Dados da pesquisa, 2022.

A JACOMEL ganhou o prêmio *FAIRTRADE* por meio da casa APIs, “é um prêmio com as empresas europeias que pagam por cada kg de mel vendido, por ser orgânico e por ser no mercado justo, paga 20 centavos de dólares para a casa APIs e ela repassa para as associações” (CASA APIS, 2016).

Quando questionado sobre os fatores que colocam a associação em risco, foi citado o uso demasiado de agrotóxicos nas proximidades, em áreas de pastagens, que Ribas e Matsumura (2009), os agrotóxicos também são conhecidos como defensivos químicos, pesticidas, praguicidas e venenos. Do total de agrotóxicos consumidos no Brasil, cerca de 30% são inseticidas e, desses, aproximadamente 40% são considerados tóxicos para as abelhas (FREITAS; PINHEIRO, 2010; INSTITUTO HUMANITAS UNISINOS, 2010).

Outros pontos a serem considerados como ameaça é a falta de recursos públicos, pois a Jacomel não conta com esse tipo de incentivo. E a possível chegada de mineradoras na região, mineradoras que segundo Almeida (1999), a contaminação atmosférica por material particulado é um dos mais importantes impactos gerados por algumas atividades humanas.

Com relação às oportunidades, destacam-se a flora, que é favorável à produção, valores justos dos produtos e conhecimento de seus concorrentes, visto que segundo Salgado *et al.* (2009. p. 345) “[...] conhecer seus concorrentes está ligado com o desempenho do novo produto e do desempenho organizacional.” Por isso, monitorar

continuamente o progresso dos seus concorrentes pode ajudar a se manter um passo à frente.

Cabe ressaltar, também como oportunidade citada pelo presidente, o mercado garantido que se dá por meio da CASA APIS “E, hoje temos, A CASA APIS nos dar essa segurança de que o tanto de mel que produzimos temos para quem comercializar” diz o presidente da associação (2022). Sendo, o mercado garantido um componente vital para qualquer negócio, pois é através dele que é possível ter a certeza de vendas e lucros consistentes. Por outro lado, se a empresa não tiver garantia de mercado, terá dificuldades em se manter, levando a fechamentos ou níveis de produção reduzidos.

Sobretudo, constatou-se que a produção e a comercialização dos produtos apícolas, não foram afetados durante o período pandêmico. Pois, foi um dos fatores que influenciou no aumento do consumo de mel, ocasionando uma maior procura. De acordo com Escobar e Xavier (2013), o produto possui propriedades antibacterianas e anti-inflamatórias. Essas propriedades medicinais relacionadas ao mel de abelha, assim como de outros produtos apícolas, têm sido mencionadas por sua diversidade de usos medicinais e nutricionais.

Inclusive, sobre o fornecimento de produtos, é enviado para a Casa Apis em Picos-PI e de lá são exportados, ficando somente 10% no mercado interno e o restante é destinado ao mercado exterior.

5. CONSIDERAÇÕES FINAIS

Como exposto anteriormente, a apicultura é uma atividade lucrativa, e vem proporcionando às famílias e indivíduos uma fonte de renda. Além disso, incluem benefícios como a capacidade de melhorar a qualidade ambiental, produzir mel e cera de abelha, gerar renda, desenvolver habilidades e fornecer emprego. Ou seja, é um empreendimento gratificante que pode proporcionar às famílias e indivíduos uma ótima fonte de renda. Entretanto, é necessário ampliar o autoconhecimento interno e avaliar os fatores externos para que não possam vir a comprometer o negócio.

Nessa conjuntura, o estudo buscou, com base na literatura, ressaltar a importância da gestão estratégica para empresas de qualquer segmento, e também, como as atividades apícolas podem ser consideradas promissoras para o desenvolvimento tanto econômico, quanto ambiental. Logo, em seguida, fez-se uso da



ferramenta *SWOT* no diagnóstico dos fatores internos e externos que influenciam no desenvolvimento da Jacomel, em que foi possível detectar seus diferenciais, bem como, suas interferências. E, conseqüentemente, contribuir no desenvolvimento da associação e de seus filiados, por meio da análise realizada na mesma.

A princípio, há uma variedade de razões pelas quais ter um sistema de gestão estratégica é tão importante. Em primeiro lugar, um negócio não pode sobreviver se não tiver uma visão clara. Segundo, existe a competitividade, que é um dos principais fatores que tendem a impulsionar as empresas na busca por estratégias que estabeleçam ações garantindo a sustentabilidade econômica, social e ambiental dos negócios mediante às modificações do mercado.

Ao analisar os dados obtidos, constatou-se que a Jacomel é uma associação reconhecida no mercado, e utiliza-se estratégias motivacionais para incentivar os associados a manter-se empenhados e potencializar a produtividade. No entanto, ainda há a inexistência de planejamento estratégico documentado, e um número insuficiente de técnicos que fazem o acompanhamento do manejo da atividade apícola, uma vez que impacta diretamente na produção.

Tendo em vista a escassez de acompanhamento de um técnico, realizou-se uma palestra com um profissional da área, em que se teve como objetivo orientar sobre a importância da suplementação alimentar para as colônias de abelhas africanas. A palestra abordou uma variedade de tópicos, como a importância da alimentação adequada, a necessidade de reservas de alimentos suficientes e as suas conseqüências devido a falta de alimentação. Além disso, promoveu certificações aos filiados que participaram da palestra, bem como, a entrega da análise *SWOT* ao membro superior, com o objetivo de auxiliar nas decisões futuras da associação.

Cabe ressaltar algumas limitações encontradas durante esse período de execução do projeto, foi a escassez de recursos diante da necessidade de realizar o deslocamento até a Jacomel, para assim intervir presencialmente.

Para trabalhos futuros, sugere-se a formulação do plano estratégico da Associação, pois é de suma importância que a Jacomel crie um planejamento estratégico definido e documentado, para assim, definir o melhor caminho que possa atingir seus objetivos, visto que é por meio do mesmo que tornará as decisões mais assertivas.

REFERÊNCIAS

- Almeida, I. T. 1999. A poluição atmosférica por material particulado na mineração à céu aberto. 194f. Dissertação (Mestrado)-Escola Politécnica da Universidade de São Paulo.
- ANGELO, Pedro D`. O que é Gestão Estratégica e como implantar uma gestão eficiente baseada em dados. Opinionbox, 6 de nov. de 2020. Disponível em: <https://blog.opinionbox.com/o-que-e-gestao-estrategica/>. Acesso em: 10 de mai. de 2022.
- BRASIL. Código Civil. Lei nº 10406, de 10 de janeiro de 2002. Disponível: http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/leis/2002/l10406compilada.htm#:~:text=1%20o%20Toda%20pessoa%20%C3%A9,concep%C3%A7%C3%A3o%2C%20os%20direitos%20do%20nascituro.&text=IV%20%2D%20os%20pr%C3%B3digos/. Acesso em: 18 de abr. de 2022.
- CASA APIS. Quem somos, 2016. Disponível em: <http://www.casaapis.com.br/pt-br/page/quem-somos/>. Acesso em: 07 de junho de 2022.
- CALAES, Gilberto Dias.; VILLAS BÔAS, Roberto C; GONZALES, Arsenio. Planejamento Estratégico, Competitividade e Sustentabilidade na Indústria Mineral: dois casos de não metálicos no Rio de Janeiro. 1. ed. Rio de Janeiro: Cyted, 2006.
- CAMARGO, Renata Freitas de. Tudo sobre Gestão Estratégica e as principais perguntas que devem ser respondidas para desenvolver a estratégia ideal ao seu negócio. Treasy, 08 de agosto de 2017. Disponível em: <https://www.treasy.com.br/blog/gestao-estrategica/>. Acesso: 10 de mai. de 2022.
- CASAROTTO, Camila. Aprenda o que é análise SWOT, ou análise FOFA, e saiba como fazer uma análise estratégica do seu negócio. Rockcontent. 20 de dez. de 2019. Disponível em: <https://rockcontent.com/br/blog/como-fazer-uma-analise-swot/>. Acesso em: 18 de abr. de 2022.
- COLLEONI, João Paulo. 3 diferenças entre Gestão Estratégica e Planejamento Estratégico!. Scoreplan, 23 de setembro de 2021. Disponível em: <https://scoreplan.com.br/blog/2020/08/18/gestao-estrategica/#:~:text=O%20planejamento%20estrat%C3%A9gico%20diz%20respeito,se%20mantenha%20no%20rumo%20certo>. Acesso em: 10 de mai. de 2022.
- ESCOBAR, ALS; XAVIER, FB. Propriedades fitoterápicas do mel de abelhas. Revista Uningá, [S. l.], v. 37, n. 1, 2013. Disponível em: <https://revista.uninga.br/uninga/article/view/1115>. Acesso em: 25 jun. 2022



- FILGUEIRAS, A. de A.; BARROS, LP de S.; GOMES, JS Implementação do balanced scorecard em uma estatal brasileira: o caso da Petrobras. Revista de Gestão,[S.l.], v. 17, n.1, pág.45-57, 2010. DOI: 10.5700/rege386. Disponível em: <https://www.revistas.usp.br/rege/article/view/36693>. Acesso em: 27 de maio.2022.
- FERRELL, O. C.; HERTLINE, Michael D..Estratégia de Marketing. Tradução All Tasks e Marlene Cohen. 4. ed. São Paulo: Cengage Learning, 2009.
- FREITAS, B. M; PINHEIRO, J. N. Efeitos sub-letais dos pesticidas agrícolas e seus impactos no manejo de polinizadores dos agroecossistemas brasileiros. Oecologia Australis, Rio de Janeiro, v. 14, n. 1, 282–298, mar. 2010.
- GIL, Antônio Carlos. Como elaborar projetos de pesquisa. 5 ed. São Paulo: Atlas, 2010.
- G1 PIAUÍ. Piauí é o maior exportador de mel do Brasil em 2021; quase 30% do total do país. 07 de maio de 2021. Disponível em: <https://g1.globo.com/pi/piaui/noticia/2021/09/07/piaui-e-o-maior-exportador-de-mel-d-o-brasil-em-2021-quase-30percent-do-total-do-pais.ghtml>. Acesso: 31 de mar. De 2022.
- IMME, Amanda. Tudo sobre análise SWOT: o que é, como fazer e muito mais. Resultados digitais. 17 de outubro de 2019. Disponível em: <https://resultadosdigitais.com.br/marketing/analise-swot/>. Acesso em: 18 de abri. de 2022.
- KOTLER, Philip. Administração de Marketing. 10. ed. São Paulo: Pearson Prentice Hall, 2000.
- LANGLER, Leticia. Sustentabilidade, empreendedorismo e cooperação em associações de apicultores gaúchos: Uma análise dos gestores associados. 2008. 180 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Agronegócios, Centro de Estudos e Pesquisas em Agronegócios, Universidade Federal Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2008.
- LIRA, Bruno Carneiro. O passo a passo do trabalho científico. Petrópolis, RJ: Vozes, 2019
- MATOS, José Gilvomar R.; MATOS, Rosa Maria B.; ALMEIDA, Josimar Ribeiro de. Análise do Ambiente Corporativo: do caos organizado ao planejamento. 1. ed. Rio de Janeiro: E-papers, 2007.
- .MOTA, Aparecida. JACOMEL recebe prêmio e distribui equipamentos para 60 apicultores em Jacobina do Piauí. Cidades em foco, 2022. Disponível em: <<https://www.cidadesemfoco.com/jacomel-recebe-premio-e-distribui-equipamentos-para-60-apicultores-em-jacobina-do-piaui/#:~:text=A%20JACOMEL%20ganhou%20pr%C3%A7a%20de%20equipamentos%20para%20os%20apicultores%20de%20Jacobina%20do%20Piauí,ela%20repassa%20para%20as%20associa%C3%A7%C3%B5es.>> . Acesso em: 07 de junho de 2022.



- MARTINS, Marcos Amâncio P. Gestão Educacional: planejamento estratégico e marketing. 1. ed. Rio de Janeiro: Brasport, 2007.
- Marconi, M. A. & Lakatos, E. M. Fundamentos de metodologia científica. (5 ed). São Paulo: Atlas. 2003
- MOTA, Aparecida. Associação de Apicultores injetam quase meio milhão de reais na economia de Jacobina do Piauí. Cidades em foco, 13 de Julho de 2020. Disponível em: <https://www.cidadesemfoco.com/associacao-de-apicultores-injetam-quase-meio-milhao-de-reais-na-economia-de-jacobina-do-piaui/#ixzz7SGdD7q3e>. Acesso em: 03 de mai.2022.
- PAULA, Gilles B. De. Matriz SWOT ou Matriz FOFA: utilizando a Análise SWOT para conhecer as cartas do jogo e aumentar as chances de vitória de sua empresa. Treasy, 17 de ago de 2015. Disponível em: treasy.com.br/blog/matriz-swot-analise-swot-matriz-fofa/. Acesso em: 31 de mar. 2022.
- PINHEIRO, Francisco Kermedy. Avaliação da sustentabilidade de sistemas de produção apícola - diagnóstico participativo em associações da região central do Ceará. João Pessoa, 2011.
- PRIETO, Vanderli Correia et al. Fatores críticos na implementação do Balanced Scorecard. Gestão & Produção, [S.L.], v. 13, n. 1, p. 81-92, abr. 2006. FapUNIFESP (SciELO). <http://dx.doi.org/10.1590/s0104-530x2006000100008>
- PRODANOV, Cleber Cristiano; FREITAS, Emani Cesar de. Metodologia do Trabalho Científico: métodos e técnicas da pesquisa e do trabalho acadêmico. 2. ed. Nova Hamburgo: Feevale, 2013.
- REZENDE, Denis Alcides. Planejamento Estratégico para Organizações: públicas e privadas. 1. ed. Rio de Janeiro: Brasport, 2008.
- RIBAS, P.P.; MATSUMURA, A. T. S. A química dos agrotóxicos: impacto sobre a saúde e meio ambiente. Revista Liberato, Novo Hamburgo, v. 10, n. 14, p. 149- 158, jul./dez. 2009.
- ROCHA, Nathália. Vamos falar sobre apicultura sustentável?. Ecologia e Ação, 2022. Disponível em: <https://ecoa.org.br/vamos-falar-sobre-apicultura-sustentavel/#comments> . Acesso em: 24 de jun. de 2022.
- ROVINA, Jackson. Entenda a importância do Planejamento Estratégico para as organizações. Conteúdos exclusivos, 2018. Disponível em: <https://www.euax.com.br/2018/08/importancia-do-planejamento-estrategico/#:~:text=0%20planejamento%20estrat%C3%A9gico%20auxilia%20na,de%20melhoria%20para%20o%20neg%C3%B3cio>. Acesso em: 24 de jun. 2022.



- SILVA, Leandro Costa da. O Balanced Scorecard e o Processo Estratégico. Caderno de Pesquisas em Administração, São Paulo, v. 10, n. 4, p. 61-73, out. 2003. Disponível em: <http://www.bmainformatica.com.br/pdfs/BSC%20eo%20Plano%20Estrategico.pdf>. Acesso em: 25 maio 2022.
- SEBRAE. Associação é estratégia de fortalecimento. Sebrae, 22 de março de 2019. Disponível: <https://www.sebrae.com.br/sites/PortalSebrae/artigos/associacao-e-estrategia-de-fortalecimento,10e5438af1c92410VgnVCM100000b272010aRCRD/>. Acesso em: 18 de abr. de 2022.
- SOMMER, R, & SOMMER, B. B. A practical guide to behavioral research (2nd ed.). New York: Oxford.1986.
- SOUZA, Camila Ferreira de. O USO DA APICULTURA ALTERNATIVA PARA PEQUENOS PRODUTORES. 2019. 24 f. TCC (Graduação) - Curso de Zootecnia, Universidade Federal da Grande Dourados, Dourados – Ms, 2019.
- SALGADO, Eduardo Gomes et al. Análise da aplicação do mapeamento do fluxo de valor na identificação de desperdícios do processo de desenvolvimento de produtos. Gestão & Produção, [S.L.], v. 16, n. 3, p. 344-356, set. 2009. FapUNIFESP (SciELO). <http://dx.doi.org/10.1590/s0104-530x2009000300003>. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/gp/a/4KhL4CVmhtHyDCfKHCClTm/abstract/?lang=pt>. Acesso em: 24 jun. 2022.
- TOMAZINI, C. G.; GROSSI, S. de F. A IMPORTÂNCIA DA APICULTURA PARA O AGRONEGÓCIO BRASILEIRO. SIMTEC - Simpósio de Tecnologia da Fatec Taquaritinga, v. 6, n. 1, p. 48-61, 22 dez. 2019.



CAPÍTULO XXIV

PERMEABILIDADE À ÁGUA DE SOLOS UTILIZADOS NO FUNDO DE RESERVATÓRIOS NA CARCINICULTURA: UM ESTUDO DE CASO EM JAGUARUANA-CE

WATER PERMEABILITY OF SOILS USED AT THE BOTTOM OF TANKS IN SHRIMP FARMING: A CASE STUDY IN JAGUARUANA-CE

DOI: 10.51859/ampla.mas3200-24

Joana Nara Barreto da Silva ¹

Rebeca da Silva Ferreira ²

Camila Barboza de Oliveira ³

Rauey Jones Silva Pereira ⁴

Myckelle Michely da Silva Ferreira ⁵

Daniela Lima Machado da Silva ⁶

¹ Graduada do curso de Engenharia Civil. Universidade Federal do Ceará – UFC

² Graduada do curso de Engenharia Civil. Universidade Federal do Ceará – UFC

³ Graduada do curso de Engenharia Civil. Universidade Federal do Ceará – UFC

⁴ Graduando do curso de Engenharia Civil. Universidade Federal do Ceará – UFC

⁵ Técnica de laboratório de Mecânica dos Solos. Universidade Federal do Ceará – UFC

⁶ Professora do curso de Engenharia Civil. Universidade Federal do Ceará – UFC

RESUMO

A carcinicultura é um ramo específico da aquicultura que vem se expandindo exponencialmente nos últimos anos, sobretudo na região do Baixo Jaguaribe no estado do Ceará, com destaque para o município de Jaguaruana. Por ser uma atividade que demanda grande quantidade de água para o seu funcionamento, à medida que vai se desenvolvendo economicamente estimulando a abertura de novas áreas produtoras, a pressão sobre os recursos hídricos disponíveis aumenta. Parte dessa demanda se deve, dentre outros fatores, à necessidade de suprir as perdas por infiltração no solo. Desta forma, para garantir a sustentabilidade do setor quanto ao uso racional dos recursos hídricos de forma a contribuir para redução dos impactos relacionados à infiltração, se torna imperativo estudos acerca da permeabilidade do solo. Nesse tocante, o objetivo deste trabalho é analisar a permeabilidade do solo utilizado no fundo de um reservatório na carcinicultura localizado no interior de Jaguaruana–CE. Para

isso, foram realizados ensaios em laboratório de caracterização geotécnica e determinação do coeficiente de permeabilidade à água sob carga variável de três amostras de solo coletadas em pontos distintos do fundo de um viveiro que estava em fase inicial de construção. Com base nos resultados obtidos, verificou-se que todos os pontos coletados apresentaram coeficientes de permeabilidade na ordem de 10^{-7} cm/s. Considerando os valores estabelecidos pela FAO (2006), conclui-se que o solo do local em estudo se mostrou apropriado para a utilização na construção dos viveiros.

Palavras-chave: Carcinicultura. Permeabilidade à água. Reservatórios de camarão.

ABSTRACT

Shrimp farming is a specific branch of aquaculture that has been expanding exponentially in recent years, especially in the Baixo Jaguaribe region in the state of Ceará, with emphasis on the municipality of Jaguaruana. Because it is an activity that demands a large

amount of water for its operation, as it develops economically, stimulating the opening of new producing areas, the pressure on available water resources increases. Part of this demand is due, among other factors, to the need to cover losses due to soil infiltration. Thus, to ensure the sustainability of the sector regarding the rational use of water resources in order to contribute to the reduction of impacts related to infiltration, studies on soil permeability become imperative. In this regard, the objective of this work is to analyze the permeability of the soil used at the bottom of a reservoir in shrimp farming located in the interior of Jaguaruana-CE. For this, laboratory tests were carried out for

geotechnical characterization and determination of the water permeability coefficient under variable load of three soil samples collected at different points on the bottom of a nursery that was in the initial construction phase. Based on the obtained results, it was verified that all collected points presented permeability coefficients in the order of 10^{-7} cm/s. Considering the values established by FAO (2006), it is concluded that the soil of the place under study proved to be suitable for use in the construction of nurseries.

Keywords: Shrimp farming. Water permeability. Shrimp shells.

1. INTRODUÇÃO

A crescente demanda mundial por alimentos saudáveis e ricos em nutrientes, combinada ao rápido crescimento populacional, tem transformado a criação de camarões em cativeiro, conhecida como carcinicultura, em uma alternativa viável tanto para suprir necessidades alimentares como para fins comerciais. Especialmente para agricultores de pequena escala, uma vez que não requer conhecimento especializado e oferece um retorno rápido sobre o investimento (SEBRAE, 2019).

No Brasil, essa atividade tem se expandido consideravelmente na região Nordeste, especialmente no estado do Ceará, que atualmente é ocupa o primeiro lugar no ranking nacional da produção do crustáceo (ABCC, 2022).

Embora tradicionalmente praticada em áreas costeiras, o crescimento do cultivo de camarão no Ceará tem se estendido cada vez mais a áreas do interior, onde as águas apresentam baixa salinidade, sendo a região do Baixo Jaguaribe a principal nesse contexto (ALMEIDA; SILVA, 2022).

Os municípios produtores da região do Baixo Jaguaribe, como o caso de Jaguaruana, objeto deste estudo, estão situados em uma área de clima semiárido, caracterizada pela escassez hídrica. À medida que a atividade se desenvolve economicamente, incentivando a abertura de novas áreas de produção, aumenta a pressão sobre os recursos hídricos disponíveis, uma vez que a água é o principal recurso utilizado para viabilizar a produção.

De fato, o cultivo de camarões é uma atividade que demanda o uso intensivo de água, pois requer um suprimento adequado para atender a todas as necessidades de



manejo. Entre os fatores que influenciam essa demanda, Oliveira (2000) destaca a perda de água por infiltração como um dos mais importantes, especialmente nos estágios iniciais de funcionamento dos reservatórios, quando ocorrem as maiores perdas, principalmente nos dois primeiros anos.

A permeabilidade do solo é a propriedade que determina a facilidade com que a infiltração ocorre na base dos reservatórios utilizados na carcinicultura. Logo, um solo com alta permeabilidade além de acarretar no aumento na demanda de água e energia para suprir as perdas, pode prejudicar a qualidade das águas subterrâneas, uma vez que os resíduos originados da criação de camarões, como fezes, restos de ração e substâncias químicas utilizadas no manejo, ao se infiltrar no solo, pode alcançar os lençóis freáticos. Essa contaminação, por sua vez, pode afetar negativamente outros usos desse recurso, incluindo o abastecimento de água para consumo humano e animal.

Considerando que a água é um recurso natural limitado e essencial para a vida, torna-se necessário adotar medidas que promovam sua preservação e uso eficiente. Assim, para garantir a sustentabilidade da carcinicultura e contribuir para a redução dos impactos relacionados à infiltração, torna-se imperativo realizar estudos sobre a permeabilidade do solo. Diante desse cenário, o objetivo deste trabalho é analisar a permeabilidade à água do solo utilizado no fundo de um reservatório na carcinicultura localizado no interior de Jaguaruana – CE.

2. METODOLOGIA

2.1. CAMPO EXPERIMENTAL

A escolha do campo experimental deste trabalho partiu da necessidade de realizar a análise de permeabilidade em um reservatório produtor de camarão que estivesse em fase inicial de construção, isto é, sem ter seu solo modificado pela adição de água ou qualquer produto químico. Desse modo, objetivou-se a coleta de dados no solo antes da implantação e funcionamento do reservatório, para que os resultados fossem mais pragmáticos.

Nesse sentido, este estudo foi conduzido em uma fazenda de carcinicultura de pequeno porte, produtora de camarão, que funciona desde 2020. Ela está localizada na comunidade conhecida por Pitombeira, que fica a 15 km do centro urbano do município de Jaguaruana-CE. O local encontra-se a aproximadamente 300 metros da margem do



Rio Jaguaribe, na região hidrográfica do Baixo Jaguaribe, e se utiliza dele e de poços como recursos de abastecimento.

2.2. COLETA DAS AMOSTRAS

Durante o período da coleta, o terreno ainda estava em fase de limpeza e por isso, apenas parte dos taludes tinham sido construídos. Logo, o reservatório em estudo não contava com suas dimensões definidas e devido a presença de obstáculos, só foi possível analisar a área que estava limpa. Em vista disso, optou-se por seguir as recomendações da NBR 8036:1983 que em situações onde as posições dos furos de sondagem não estiverem bem delineadas, é previsto uma quantidade mínima de três furos, de maneira que a distância entre eles não ultrapasse 100 metros.

Sendo assim, com o intuito de assegurar a representatividade dos resultados dos ensaios de laboratório, coletou-se três amostras deformadas de solo, nomeadas neste estudo de Ponto P1, P2 e P3, cuja as coordenadas geográficas de cada ponto são, 4°54'50.94"S e 37°50'41.45"O, 4°54'51.90"S e 37°50'42.20"O, 4°54'50.73"S e 37°50'42.81"O, respectivamente.

2.3. ENSAIOS LABORATORIAIS

Com o objetivo de realizar a caracterização geotécnica e o estudo da permeabilidade dos solos coletados, seguiu-se realizando os ensaios descritos no Quadro 1, onde respeitou-se suas respectivas normas vigentes. Os ensaios foram realizados no Laboratório de Mecânica dos solos e Pavimentação da UFC Campus Pici e no Laboratório de Mecânica dos solos da UFC Campus Russas.

Quadro 1 – Resumo dos Ensaios laboratoriais e métodos empregados.

Ensaio	Método
Umidade higroscópica	NBR 6457 (ABNT, 2016a) – Amostras de solo – Preparação para ensaios de compactação e ensaios de caracterização
Limite de liquidez	NBR 6459 (ABNT, 2016b) – Solo – Determinação do Limite de Liquidez
Limite de plasticidade	NBR 7180 (ABNT, 2016c) – Solo – Determinação do Limite de Plasticidade
Compactação	NBR 7182 (ABNT, 2016d) – Solo – Ensaio de Compactação
Massa específica dos grãos	NBR 6508 (ABNT, 2016e) – Solo – Grãos de Solos que passam na peneira de 4,8 mm - Determinação da Massa específica
Granulometria - peneiramento e sedimentação	NBR 7181 (ABNT, 2016f) – Solo – Análise Granulométrica

Ensaio	Método
Permeabilidade	NBR 14545 (ABNT, 2021) - Solo - Determinação do coeficiente de permeabilidade de solos argilosos à carga variável (Método B)

Fonte: Aatoria própria (2022).

3. RESULTADOS E DISCUSSÕES

3.1. CARACTERIZAÇÃO GEOTÉCNICA

Neste tópico será mostrado e discutidos os resultados obtidos nos ensaios de caracterização geotécnica.

3.1.1. UMIDADE HIGROSCÓPICA E DENSIDADE REAL DOS GRÃOS

Os resultados referentes ao ensaio de umidade higroscópica e densidade real dos grãos estão expostos na Tabela 1.

Tabela 1 – Todas as tabelas devem ser editáveis

Síntese dos Resultados	Ponto		
	P1	P2	P3
Umidade Higroscópica (%)	1,94	4,25	4,95
Densidade Real dos grãos	2,79	2,75	2,76

Fonte: Aatoria própria (2022).

Como pode-se observar, a faixa de umidade higroscópica para as três amostras apresentou valores relativamente altos, porém, condizentes com o material estudado, que indica ter um alto teor de finos e estes tendem a reter uma maior quantidade de água no solo.

De acordo com Rezende e Bergamin (2013) solos que possuem alta capacidade de retenção de água, são os mais indicados para os viveiros, pois são menos permeáveis, logo, dificultam o fluxo de água no seu interior.

Em relação a densidade real dos grãos, percebe-se que não houve variações significativas entre os pontos estudados. Além disso, segundo Alexandre (2000), a maioria dos solos brasileiros variam entre 2,65 e 2,85. Já Das Braja (2007) afirma que frequentemente os valores desse parâmetro vão variar de 2,6 a 2,9 conforme a constituição mineralógica do solo. Desta forma, os resultados estão de acordo com o esperado.

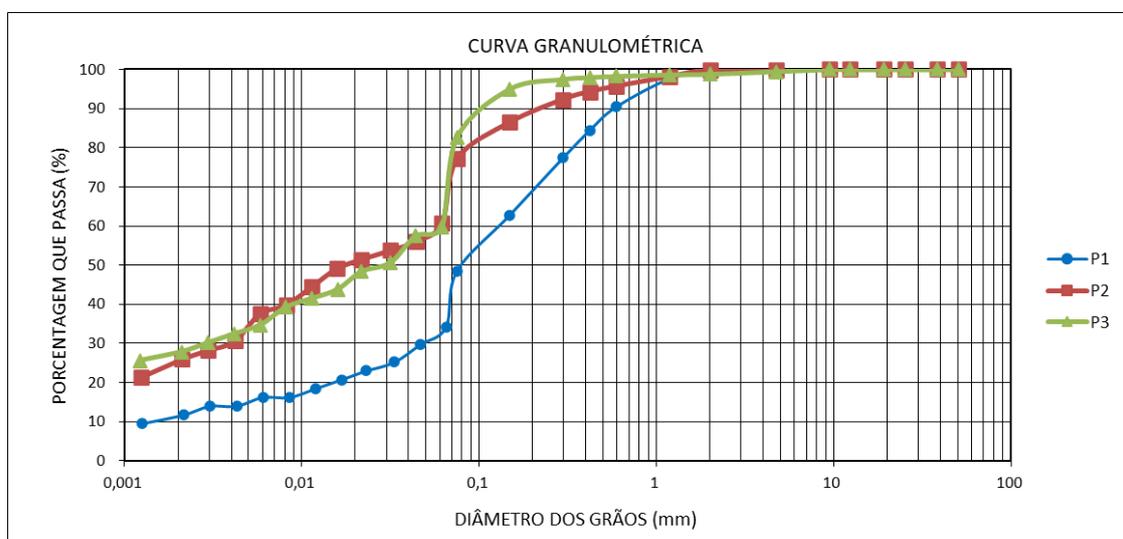


Pinto (2006) complementa que a densidade real por si só, não permite identificar o solo em questão, mas é essencial para o cálculo de outros parâmetros. Nesse sentido, os resultados obtidos para a densidade real foram essenciais para realizar a análise granulométrica através do ensaio de sedimentação.

3.1.2. ANÁLISE GRANULOMÉTRICA

Por intermédio do ensaio de peneiramento e sedimentação, é possível observar na Figura 1, as curvas granulométricas obtidas para os pontos P1, P2 e P3. Para melhor interpretação, os resultados estão resumidos na Tabela 2.

Figura 1 – Curva granulométrica dos pontos P1, P2 e P3



Fonte: Autoria própria (2022).

Tabela 2 – Resumo das frações granulométricas dos pontos coletados

Fração Granulométrica	Ponto		
	P1	P2	P3
Pedregulho (%)	0,50	0,15	1,16
Areia Grossa (%)	9,09	4,18	0,55
Areia Média (%)	13,01	3,34	0,78
Areia Fina (%)	43,20	31,64	37,78
Silte (%)	22,45	34,71	31,88
Argila (%)	11,74	25,98	27,85

Fonte: Autoria própria (2022).



De acordo com os dados apresentados, nota-se que os pontos 2 e 3 exibiram pequenas disparidades quanto às frações granulométricas que os compõem. O ponto 1, em contrapartida, apresentou porcentagem de areia superior aos demais. No entanto, os 3 pontos expressaram parcelas de finos significativas com dominância de silte, seguido de argila, o que influencia diretamente na redução da permeabilidade.

Considerando os estudos de Ono e Kubitza (2002) no qual afirmam que solos com menos de 12% de finos (argila e silte) não são apropriados para a construção dos viveiros, percebe-se que todas as amostras em estudo se enquadram como adequadas para seu uso na carcinicultura quando considera-se apenas a granulometria.

Bowman (1992) destaca que é importante considerar outras características do solo em conjunto, uma vez que, mesmo com alto teor de finos e argila, estes podem se apresentar inadequados para a aquicultura.

3.1.3. LIMITES DE CONSISTÊNCIA

Na Tabela 3 são apresentados os limites de consistência, também conhecidos como limites de Atterberg, definidos pelo limite de liquidez (LL), limite de plasticidade (LP) e índice de plasticidade (IP). A tabela exibe também a classificação do solo pelos sistemas SUCS e AASHTO conforme os resultados de granulometria e de limites obtidos.

Tabela 3 – Resumo das frações granulométricas dos pontos coletados

Ponto	LL (%)	LP (%)	IP (%)	Classificação	
				SUCS	AASHTO
P1	18,6	16,7	2	SM	A-4
P2	26,9	20,2	7	ML-CL	A-4
P3	30,4	15,6	15	CL	A-6

Fonte: Autoria própria (2022).

Apesar de apresentarem um alto teor de finos, os três solos coletados exibiram índices de plasticidade relativamente baixos, e por conta disso, de acordo com a literatura podem ser classificados como sendo de baixa a média plasticidade. Isso pode ser justificado pela presença significativa de grãos de areia, pois estes tendem a reduzir a capacidade do solo se moldar na presença de água.

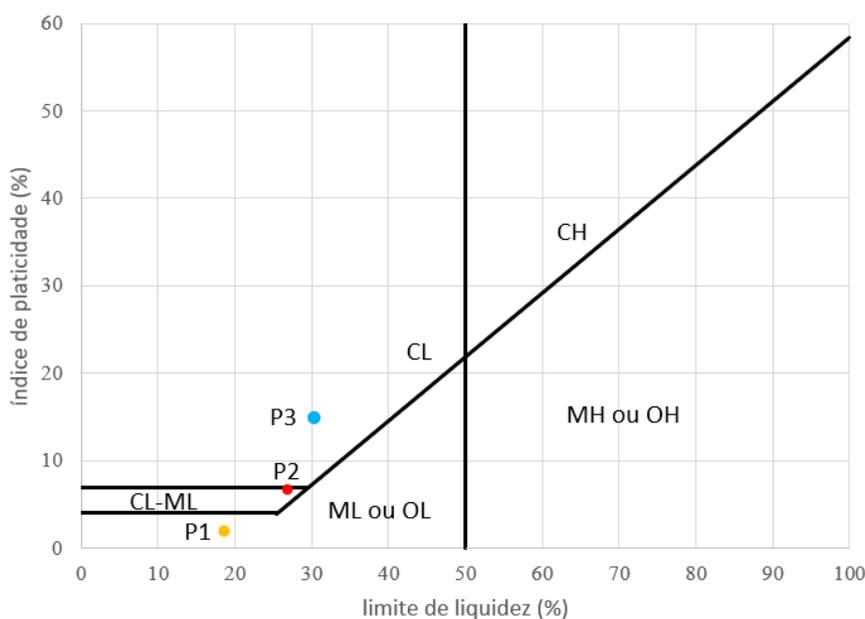
Todavia, os resultados estão conforme o esperado, uma vez que o índice de plasticidade foi maior para P3 e menor para P1, esse fato pode ser justificado pelo

percentual de argila presente na constituição desse solo, visto que este material tende a aumentar a plasticidade do solo de acordo com sua concentração.

Na Figura 2, é representado a carta de plasticidade de Casagrande, com a localização dos pontos conforme seus limites de consistência. Segundo o sistema unificado SUCS, as amostras apresentaram classificações diferentes, porém com poucas variações, sendo o P1 uma areia siltosa (SM), P2 uma argila siltosa de baixa plasticidade (CL-ML) e o P3 uma argila de baixa plasticidade (CL).

Em relação a classificação da AASHTO, o ponto 3 foi classificado como solo argiloso “A-6” devido seu índice de plasticidade ser maior que 11%, já os demais pontos, tratam-se de solos siltosos do tipo “A-4”. Em ambas as classificações, percebeu-se a predominância da designação “siltoso”, justificado pela maior presença de silte em todos os pontos, conforme verificado no ensaio de granulometria.

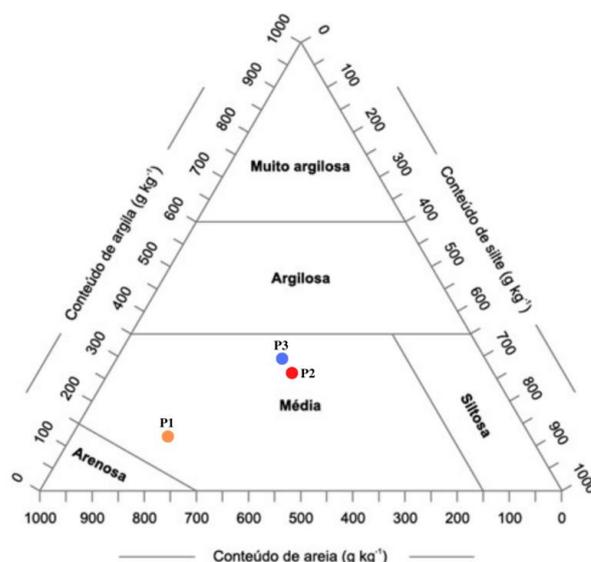
Figura 2 – Carta de plasticidade de Casagrande para os pontos estudados



Fonte: Autoria própria (2022).

Na carcinicultura geralmente os solos são classificados quanto sua textura seguindo as recomendações do triângulo textural proposto pela USDA. No Brasil, a EMBRAPA utiliza um modelo simplificado desse triângulo e segundo ele todos os pontos analisados se enquadram como sendo de textura média, conforme ilustrado na Figura 3.

Figura 3 – Classificação textural dos pontos estudados pela EMBRAPA

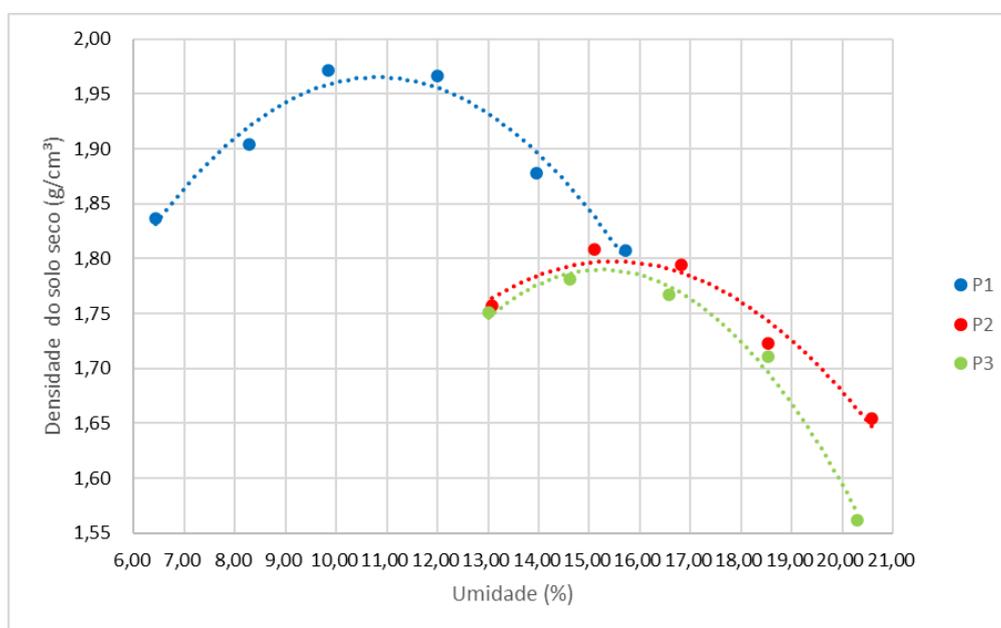


Fonte: EMBRAPA. Adaptado pelos autores.

3.1.4. COMPACTAÇÃO

As curvas de compactação de cada ponto estão ilustradas na Figura 4. Os valores de umidade ótima e massa específica aparente seca máxima obtidos no ensaio podem ser visualizados na Tabela 4.

Figura 4 – Curva de compactação dos pontos P1, P2 e P3.



Fonte: Autoria própria (2022).

Tabela 4 – Resumo dos resultados obtidos no ensaio de compactação

Ponto	Massa específica aparente seca máxima (g/cm ³)	Umidade ótima (%)
P1	1,97	10,9
P2	1,80	15,4
P3	1,79	15,6

Fonte: Autoria própria (2022).

Analisando esses resultados, percebe-se que à medida que há um aumento na quantidade de finos entre os pontos analisados, há redução na massa específica aparente seca máxima e conseqüente aumento na umidade ótima, o que está condizente com os estudos de Barcelo *et al* (2019) que verificou a influência da porcentagem de finos na compactação do solo, ao estudar 5 amostras com diferentes granulometrias. Autores como Caputo (1988), Pinto (2006) e Das (2007) também relataram o efeito do tipo de solo nesse comportamento.

É importante salientar que estes resultados foram fundamentais para dar início ao ensaio de permeabilidade, pois através do cálculo da umidade ótima foi possível definir a quantidade de água necessária para ser adicionada no processo de compactação para posteriormente iniciar a saturação do corpo de prova em estudo, e assim, obter os parâmetros essenciais para determinar o coeficiente de permeabilidade.

3.2. PERMEABILIDADE

Os resultados do ensaio de permeabilidade para os pontos P1, P2 e P3 podem ser conferidos nas Tabelas 5, 6 e 7, respectivamente. Nelas são apresentadas as leituras de temperatura, alturas do nível de água e tempo e seus coeficientes de permeabilidade.

Tabela 5 – Leituras durante o ensaio de permeabilidade para o ponto P1

Leitura	Temperatura (°C)	Fator de correção	h _o (cm)	h _f (cm)	h (cm)	t (seg)	k ₂₀ (cm/s)
01	28	0,811	145,0	144,4	0,60	3815	2,5E-07
02	28	0,811	145,0	144,4	0,60	3819	2,5E-07
03	28	0,811	145,0	144,4	0,60	3820	2,5E-07

Fonte: Autoria própria (2022).



Tabela 6 – Leituras durante o ensaio de permeabilidade para o ponto P2

Leitura	Temperatura (°C)	Fator de correção	h_o (cm)	h_f (cm)	h (cm)	t (seg)	k_{20} (cm/s)
01	28	0,811	145,0	144,4	0,60	5760	1,7E-07
02	28	0,811	145,0	144,5	0,50	5100	1,7E-07
03	28	0,811	145,0	144,4	0,60	5820	1,7E-07

Fonte: Autoria própria (2022).

Tabela 7 – Leituras durante o ensaio de permeabilidade para o ponto P3

Leitura	Temperatura (°C)	Fator de correção	h_o (cm)	h_f (cm)	h (cm)	t (seg)	k_{20} (cm/s)
01	28	0,811	145,0	144,5	0,50	5160	1,6E-07
02	28	0,811	145,0	144,6	0,40	4560	1,6E-07
03	28	0,811	145,0	144,6	0,40	4620	1,6E-07

Fonte: Autoria própria (2022).

Ao final de cada ensaio, foi realizada a média dos valores do coeficiente de permeabilidade (k) obtidas para cada ponto. Para melhor entendimento, a Tabela 8 apresenta o resumo destes resultados.

Tabela 8 – Resumo dos valores obtidos no ensaio de permeabilidade

Ponto	Coeficiente de permeabilidade (cm/s)
P1	2,5E10-7
P2	1,7E10-7
P3	1,6E10-7

Fonte: Autoria própria (2022).

Como pode-se observar, o P1 apresentou o maior coeficiente de permeabilidade, com pequena disparidade em relação aos outros pontos, o que é justificável pela fração significativa de grãos de areia existente em sua composição. Além disso, é notório a redução da permeabilidade quando se compara o P3 e o P1. Isso é condizente com a literatura, uma vez que, o P3 possui uma maior porcentagem de finos e estes tendem a ocupar os espaços entre as partículas sólidas de maior granulometria, o que reduz o



volume de vazios disponíveis para que ocorra o fluxo de água. Pinheiro *et al* (2017), Santana *et al.* (2021) e Torres (2022) relataram situações semelhantes.

4. CONSIDERAÇÕES FINAIS

Com base nas informações abordadas ao longo da pesquisa, é possível reforçar a relevância da investigação da permeabilidade do solo na carcinicultura. Identificar se o solo possui boa permeabilidade possibilita a implementação de medidas preventivas para evitar os impactos decorrentes da perda de água por infiltração, contribuindo, assim, para tornar a criação de camarões mais sustentável em termos de manejo.

Além disso, por meio dos resultados obtidos, foi observado que todos os pontos de coleta apresentaram coeficientes de permeabilidade na faixa de 10^{-7} cm/s, o que, de acordo com a literatura consultada, caracteriza um solo com uma permeabilidade muito baixa. Considerando os critérios estabelecidos pela FAO (2006), que recomenda um coeficiente de permeabilidade inferior a 5×10^{-6} cm/s para o fundo dos reservatórios e inferior a 1×10^{-4} cm/s para os diques, pode-se concluir que o solo estudado possui uma permeabilidade adequada para ser utilizado na carcinicultura.

As informações e os dados fornecidos nesta pesquisa permitiram estabelecer valores de referência para a permeabilidade do solo utilizado na construção de reservatórios para a carcinicultura no município de Jaguaruana, no Ceará. Considerando a falta de estudos abrangentes sobre esse tema, é esperado que essa investigação possa oferecer uma contribuição valiosa para futuros empreendimentos aquícolas na região, visando mitigar os impactos gerados por essa atividade de grande importância.

REFERÊNCIAS

- ABCC - Associação Brasileira dos Criadores de Camarão. **Revista da ABCC – Número Especial FENACAM'22**, ano 26, n. 3, nov. 2022.
- ALEXANDRE, J. **Análise de matéria prima e composições de massa utilizada em cerâmicas vermelhas**. Centro de Ciências e Tecnologia da Universidade Estadual do Norte Fluminense, 2000.
- ALMEIDA, S. A. A.; SILVA, J. E. Estratégias de reuso direto dos efluentes da carcinicultura em águas oligohalinas. **Feed & Food**, ano 16, n. 182, 15 jun. 2022. ABCC NEWS, p. 82-83. Disponível em: <<https://www.revistafeedfood.com.br/pub/curuca/?numero=182&edicao=11819#page/82>>. Acesso em: 6 de novembro de 2022.



- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **ABNT NBR 6457**: Amostras de solo - Preparação para ensaios de compactação e ensaios de caracterização. Rio de Janeiro: ABNT, 2016.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **ABNT NBR 6459** – Solo – Determinação do limite de liquidez. Versão corrigida em 2017. Rio de Janeiro: ABNT, 2017.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **ABNT NBR 7180**: Determinação do índice de plasticidade. Rio de Janeiro: ABNT, 2016.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **ABNT NBR 7181**: Solo Análise Granulométrica. 2. ed. Rio de Janeiro: ABNT, 2016.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **ABNT NBR 7182**: Solo - Ensaio de Compactação. Versão corrigida em 2020. Rio de Janeiro: ABNT, 2020.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **ABNT NBR 14545**: determinação do coeficiente de permeabilidade de solos argilosos a carga variável. Rio de Janeiro, 2021.
- BARCELO, B. G. *et al.* **Análise da porcentagem de finos na compactação do solo**. 19º Congresso Nacional de Iniciação Científica - CONIC, [s. l.], 2019.
- BOWMAN, J. R. **Classification and Management of Earthen Aquaculture Ponds, with Emphasis on the Role of the Soil**. Tese (Doutorado), janeiro, 1992. Disponível em: <file:///D:/Documentos/Downloads/BowmanJamesR1992.pdf>. Acesso em: 5 de novembro de 2022
- CAPUTO, H. P. **Mecânica dos solos e suas aplicações**. 7. ed. Rio de Janeiro: LTC, 2015. 234p.
- DAS, Braja M. **Fundamentos de Engenharia Geotécnica**. 6ª. edição. São Paulo: Thomson, 2007. 562 p.
- EMBRAPA - Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária . **Atributos do solo**. Grupamento textural. Disponível em: <<https://www.embrapa.br/solos/sibcs/atributos-do-solo/outros-atributos>>. Acesso em: 02 de novembro de 2022.
- FAO - Food and Agriculture Organization Of . **The United Nations.Training Series**, Soil, chapter 9 - Soil Permeability, 2006, CD ROOM. Disponível em: <https://www.fao.org/fishery/docs/CDrom/FAO_Training/FAO_Training/General/x6706e/x6706e12.htm>. Acesso em: 5 de setembro de 2022.
- OLIVEIRA, P. N. Engenharia para aquicultura. Recife: UFRPE. 2000. 294p.



- ONO, E, KUBITZA, F. Construção de viveiros e de estruturas hidráulicas para o cultivo de peixes. **Revista Panorama da Aquicultura**, nº 72, julho-agosto, p. 35-48, 2002.
- PINHEIRO, R. J. B *et al.* Determinação da condutividade hidráulica das principais unidades geológico-geotécnicas de Santa Maria – RS. São Paulo, UNESP, **Geociências**, v. 36, n. 2, p. 347 – 363, 2017.
- PINTO, C.S. **Curso básico de mecânica dos solos em 16 aulas**. 2ed. São Paulo, 2002. 355 p.
- REZENDE, F. P.; BERGAMIN, G. T. Implantação de piscicultura em viveiros escavados e tanques-rede. In: RODRIGUES, A. P. O. *et al.* **Piscicultura de água doce: multiplicando conhecimentos**. Brasília, DF: Embrapa, 2013, cap. 4, p. 109-139. ISBN 978-85-7035-272-9.
- SANTANA, C. L. *et al.* Análise da influência dos grãos finos nos parâmetros de consistência, consolidação e permeabilidade do solo. São Paulo, UNESP, **Geociências**, v. 40, n. 3, p. 661 - 672, 2021.
- SEBRAE - Serviço Brasileiro de Apoio às Micro e Pequenas Empresas. **Como montar uma criação de camarão**. Disponível em: <<https://www.sebrae.com.br/Sebrae/Portal%20Sebrae/UFs/RN/Anexos/Aquicultura%20Como%20montar%20uma%20cria%C3%A7%C3%A3o%20de%20camar%C3%A3o.pdf>>. Acesso em: 6 de novembro de 2022.
- TORRES, G. O. V. **Parâmetros de compressibilidade e permeabilidade de misturas de areia e finos lateríticos de um sedimento pós-barreiras da cidade de Natal-RN**. 21f. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Engenharia Civil) - Centro de Tecnologia, Universidade Federal do Rio Grande do Norte, Natal, 2022.



DESENVOLVIMENTO DE PITAYA SUBMETIDA A ESTRESSE ABIÓTICO EM REGIÕES SEMIÁRIDAS

DEVELOPMENT OF DRAGON FRUIT SUBMITTED TO ABIOTICAL STRESS
IN SEMIARID REGIONS

DOI: 10.51859/ampla.mas3200-25

Gabriela Gonçalves Costa ¹

Ana Célia Maia Meireles ²

Pedro Henrique Ximenes Prado de Sousa ³

Milena Maria Tomaz de Oliveira ⁴

Estelita Lima Cândido ²

¹ Mestranda do Programa de Pós-Graduação em Desenvolvimento Regional Sustentável. Universidade Federal do Cariri – UFCA. Bolsista CAPES.

² Professor Adjunto do Programa de Pós-Graduação em Desenvolvimento Regional Sustentável. Universidade Federal do Cariri – UFCA.

³ Estudante de Graduação em Engenharia Agrônômica. Universidade Federal do Cariri - UFCA. Bolsista do Programa de Educação Tutorial - PET Agronomia UFCA.

⁴ Postdoctoral Research Associate Dept. of Agronomy and Horticulturae - University of Nebraska Lincoln, NE, USA.

RESUMO

Objetivou-se com esse trabalho realizar levantamento bibliográfico sobre a temática do desenvolvimento inicial da pitaya submetida a estresses abióticos presentes nas condições do Semiárido pelo mundo, utilizando trabalhos dos últimos 12 anos. Nas regiões de clima Semiárido, as altas taxas de evapotranspiração e baixa incidência de chuva são responsáveis pelas frequentes cenas de escassez hídrica e aumento da salinidade dos solos, desafiando o desenvolvimento de culturas agrícolas em seu território. Preferindo climas quentes e úmidos, a pitaya adapta-se bem a características que outras frutíferas teriam dificuldade de se desenvolver, como a escassez de chuva, altas temperaturas, radiação e salinidade, condições típicas do Semiárido. Com manejo adaptado a essas condições, a pitaya pode alcançar ótimos patamares produtivos, tornando-se forte alternativa para substituir investimentos quando comparada a outras frutíferas nessas mesmas condições. Exposta sob condições de pleno sol e épocas do ano com maiores temperaturas, algumas partes dos ramos da pitaya apresentam amarelecimento com crescimento prejudicado. Pode-se amenizar

esses danos favorecendo o microclima, usando sombreamento para interceptar a incidência direta dos raios solares. Quando a pluviosidade é ineficiente, indica-se a irrigação regular e controlada para evitar o apodrecimento das raízes com o encharcamento. A pitaya é considerada tolerante a solos moderadamente salinos. Essas cactáceas podem manter seu crescimento e rendimento satisfatório mesmo submetidas ao estresse salino. Adotando-se um manejo adaptado às condições do semiárido, é possível atenuar seus efeitos e alcançar uma boa produtividade da pitaya, sendo uma ótima alternativa para cultivo rentável nesse clima.

Palavras-chave: Radiação solar. Salinidade. Estresse Hídrico. Hylocereus. Recursos Hídricos.

ABSTRACT

The objective of this work was to carry out a bibliographical survey on the theme of the initial development of pitaya submitted to abiotic stresses present in the conditions of the Semi-arid around the world, using works from the last 12 years. In regions with a semi-arid climate, high evapotranspiration rates and low rainfall are responsible for frequent scenes of

water scarcity and increased soil salinity, challenging the development of agricultural crops in their territory. Preferring hot and humid climates, pitaya adapts well to characteristics that other fruit trees would have difficulty developing, such as the lack of rain, high temperatures, radiation and salinity, typical conditions of the semiarid region. With management adapted to these conditions, pitaya can reach great productive levels, becoming a strong alternative to replace investments when compared to other fruit trees under the same conditions. Exposed under conditions of full sun and times of the year with higher temperatures, some parts of the pitaya branches show yellowing with impaired growth. This damage can be mitigated by favoring the

microclimate, using shading to intercept the direct incidence of sunlight. When rainfall is inefficient, regular and controlled irrigation is recommended to prevent root rot due to waterlogging. Pitaya is considered tolerant of moderately saline soils. These cacti can maintain their satisfactory growth and yield even when subjected to saline stress. By adopting a management adapted to the semi-arid conditions, it is possible to mitigate its effects and achieve good pitaya productivity, being a great alternative for profitable cultivation in this climate.

Keywords: Solar radiation. Salinity. Hydrical stress. *Hylocereus*. Water resources.

1. INTRODUÇÃO

Entre as tantas atividades desenvolvidas pela agricultura, a fruticultura é uma das maiores geradoras de emprego, demandando mão-de-obra intensiva e qualificada, empregando milhões de pessoas ligadas direta ou indiretamente a ela (WÜRZ *et al.*, 2020). A busca por cultivares agrícolas que sejam resistentes a intempéries climáticas e a condições críticas para seu desenvolvimento, é uma preocupação mundial recorrente, vistas às mudanças climáticas que o planeta está exposto e a crescente exploração agrícola para suprimir o consumo mundial.

A pitaya (*Hylocereus sp.*), uma cactácea frutífera, também conhecida como fruta do dragão, vem sendo vista como uma forma de diversificação de renda na produção agrícola, já que é uma planta resistente a climas mais severos, quando comparada a outras culturas, e que possui um bom retorno financeiro após início de produção. Além disso, tem se tornado popular nos últimos anos graças a sua estética, sabor exótico e benefícios à saúde (SARMENTO, 2017).

O desenvolvimento da pitaya depende diretamente de fatores como a variedade utilizada, a idade da planta e do pomar, o sistema de cultivo utilizado e seu manejo. No sistema de cultivo da pitaya onde são utilizados tutores individuais, as plantas alcançam a produção de até 20 frutos por planta por florada, cada fruto com peso médio de 400 g, podendo chegar até 6 colheitas ao ano, representando de 24 a 48 t/ano (PRESTES & SAWADA, 2020).

Segundo a plataforma TRIDGE (2023), os principais países exportadores de pitaya são Tailândia, Vietnã e Países Baixos, onde esse último teve uma queda entre os anos de 2020 e 2021. Nas últimas décadas, as plantações vietnamitas ultrapassaram os 48 mil ha no ano de 2020, tendo um elevado aumento quando comparado aos 13 mil ha nos anos 2000.

Na Índia, a pitaya começou a ser produzida em pequena escala, contudo, vem aumentando sua área plantada significativamente, chegando a mais de 3 mil ha em 2020 (WAKCHAURE *et al.*, 2020). Em território brasileiro, a área cultivada com a pitaya vem crescendo significativamente, cerca de 870% somente entre os anos de 2007 a 2018 (CEAGESP, 2021).

Por possuir mecanismos de adaptação como modificações no caule, ausência de folhas e presença de camadas de cera, faz com que a pitaya possa alterar sua fisiologia e morfologia conforme sua exposição aos diferentes climas e distribuição geográfica. Portanto, apesar de preferir climas quentes e úmidos, a pitaya adapta-se bem a ambientes mais secos e com características que outras frutíferas teriam mais dificuldade de se desenvolver, bem como a escassez de chuva, altas temperaturas e radiação e até mesmo a salinidade, condições que podem ser encontradas no Semiárido (COSTA, 2022; TRINDADE, 2022).. Com manejo adequado e adaptado a cada uma dessas condições, a pitaya pode alcançar ótimos patamares produtivos, chegando a se tornar uma forte alternativa para substituição de investimento se comparada a outras frutíferas expostas a essas mesmas condições (RODRIGUES, 2022).

Diante disso, objetivou-se construir uma revisão bibliográfica narrativa onde fosse possível relacionar o desenvolvimento inicial da pitaya quando submetida a estresse abióticos oriundos do clima Semiárido (radiação solar, estresse hídrico e salinidade) pelo mundo.

2. METOLOGIA

Para realizar este levantamento bibliográfico foram consultadas, nos meses de abril a junho de 2023, referências sobre a temática do desenvolvimento inicial da pitaya submetida a estresses abióticos presentes nas condições do Semiárido pelo mundo nas bases de dados SciELO, Google Acadêmico e plataforma Alice, da Embrapa. Foram utilizados os seguintes descritores: pitaya, fruta do dragão, *Hylocereus*, sombreamento,

salinidade, estresse abiótico, estresse hídrico, semiárido e seus respectivos correspondentes em inglês.

Como critério de inclusão, definiu-se o período de publicação de 12 anos pela possibilidade de inclusão de um número maior de artigos, visto que se constatou, em busca preliminar, que o tema “pitaya sob estresse abiótico” ainda está sendo explorado, principalmente na temática de salinidade. Além disso, incluíram-se artigos disponibilizados na íntegra na língua portuguesa e inglesa, dissertações e teses na língua portuguesa, e revisão sistemática ou metanálise. Os critérios de exclusão adotados foram os estudos de revisão sistemáticos descritivos e qualitativos, opinião de autoridades, relatórios de comitês de especialistas e editoriais, trabalhos em anais de congresso.

3. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

3.1. PITAYA: VISÃO GERAL

A pitaya é originária do México e Américas do Sul e Central, pertencendo a família cactaceae, tendo característica epífita, abrangendo em torno de 100 gêneros e 1500 espécies (SANTOS; PIO; FALEIRO, 2022). Quanto às cultivares mais populares e produzidas estão a *Hylocereus costaricensis* (casca vermelha, polpa vermelho-púrpura), *Hylocereus lemairei* / syn. *Hylocereus polyrhizus* (casca vermelha, polpa vermelha), *Hylocereus megalanthus* (casca amarela, polpa branca) e *Hylocereus undatus* (casca vermelha, polpa branca) (GARDEN ORACLE, 2021). A estrutura da planta apresenta características únicas e estratégicas que lhe garantem resistência ao clima. Possui o tronco triangular, com espinhos que mudam de tamanho e quantidade de acordo com a espécie (SIREGAR; ANGKAT; DAMANIK, 2021).

Suas flores são gigantes (aproximadamente 30 cm de comprimento) e tem antese noturna, são monoicas, hermafroditas e aromáticas, diferindo quanto ao botão floral, cor e disposição de pétalas (BICCA, 2021; SIREGAR; ANGKAT; DAMANIK, 2021). O ovário é ínfero, está posicionado na parte inferior das outras partes florais, possuindo inúmeros óvulos. As anteras das espécies do gênero *Hylocereus* ficam situadas, aproximadamente, 2 cm abaixo do estigma, podendo ser um indício do motivo da autopolinização ser insuficiente para uma frutificação de qualidade (TRINDADE, 2022).

O florescimento e produção de frutos da pitaya fica compreendido entre os meses de novembro e abril, acontecendo até quatro vezes durante esse período, compreendendo desde a formação do botão floral até a antese (LONE *et al.*, 2020). O fruto da pitaya possui polpa consistente podendo ser vermelha, branca ou magenta, mudando de acordo com a espécie. Tem formato globular, não climatérico, é do tipo baga, com estruturas chamadas de brácteas em sua superfície, podendo ser substituídas por espinhos (SERAFIM, 2021; SIREGAR; ANGKAT; DAMANIK, 2021). A maturação do fruto demora de 30 a 35 dias, podendo se postergar com a diminuição da temperatura. Imersas na polpa estão as sementes, com diâmetro aproximado de 0,50 a 2,00 mm, escurecidas e em grande quantidade no interior dos frutos.

3.2. PROPAGAÇÃO E INSTALAÇÃO DO POMAR

Além do uso de sementes e da tecnologia *in vitro*, a principal forma de propagação da pitaya é vegetativa, utilizando técnica de estaquia através de seus cladódios, por representar precocidade e uniformidade de produção (LONE *et al.*, 2020; PIO *et al.*, 2020). A propagação por sementes resulta em plantas com características diferentes daquelas que a originaram, usada principalmente em programas de melhoramento genético e sendo praticamente inviável em plantios comerciais, já que é impossível determinar previamente as características produtivas da planta originada (TRINDADE, 2022).

O tamanho escolhido para os cladódios influencia no ganho de altura, comprimento e diâmetro dos brotos emitidos pela muda (MOREIRA *et al.*, 2017), características também influenciadas pelo período de coleta dos cladódios, que observado por Rodrigues *et al.* (2021), a época do inverno é estatisticamente mais favorável que a do verão para a coleta, indicando que as plantas de pitaya apresentam repouso vegetativo. É aconselhado que a escolha do material propagativo seja feito de plantas mãe saudáveis, com cladódios de tamanhos acima de 25 cm de comprimento (RODRIGUES *et al.* 2021; SILVA *et al.*, 2022). Após a cicatrização do corte, que ocorre geralmente com 15 dias, a muda pode ser instalada no solo ou em sacos de polietileno, onde posteriormente serão levados ao campo ou para vasos.

Um dos principais cuidados quanto ao plantio das mudas está na escolha do local para a instalação do pomar. A pitaya não suporta encharcamento, portanto, solos com



pouco potencial de drenagem devem ser evitados, priorizando locais com considerável teor de matéria orgânica (SERAFIM, 2021). A profundidade que os cladódios irão ser plantados influencia, junto com a umidade do solo, no potencial de enraizamento da planta.

A pitaya é uma planta trepadeira e necessita de um suporte para se manter ereta. Para a produção comercial devem ser utilizadas formas de tutoramento, e sua escolha influencia diretamente na vida útil da planta, manutenção e custo dos tutores e o peso de massa verde produzido. Além do uso de mourões feitos de madeira ou concreto, existem pomares mais recentes onde as plantas estão sendo conduzidas por estruturas compostas por varas de ferro galvanizado ligadas a arames ou cabos de aço envoltos em material de polietileno (TRINDADE, 2022). Dependendo do sistema de condução escolhido, o espaçamento entre plantas pode variar de 0,5 m a 4 m entre plantas (BIDERBOST, 2016; PIO *et al.*, 2020).

Após devidamente instalada, as pitayas podem crescer cerca de 8 cm por semana em até 8 meses (FULLERTON, LEE, 2021), onde uma única planta chega a emitir 350 ramos, 20 a 30 deles externos superiores sendo produtivos (LE THI HOANG *et al.*, 2021). Quanto à colheita, é removida a parte do cladódio onde o fruto está preso e onde posteriormente a área é cicatrizada e perde sua capacidade diferenciadora, não podendo dar origem a nenhum outro órgão vegetativo ou reprodutivo (TRINDADE, 2022).

3.3. FATORES ABIÓTICOS E DESENVOLVIMENTO DA PITAYA

3.3.1. RADIAÇÃO SOLAR

A luz é utilizada pelas plantas como principal fonte de energia para produzir fotossíntese, respondendo a essa energia conforme sua quantidade e intensidade, comprimento da onda e direção que ela é emitida e recebida. As plantas passam a perceber a luz por meio de fotorreceptores, gerando respostas fisiológicas específicas (MUNEER *et al.*, 2014).

Apesar de a pitaya ser uma cactácea e esse fato remeter a plantas que suportam aridez, elevadas temperaturas, e alta e longa luminosidade, para que se potencialize o desempenho dessa cultura é necessário que o ambiente ao qual a pitaya será instalada seja semelhante ao seu habitat natural e se aproxime de suas características. Para isso,



tem-se usado técnicas que diminuam a radiação solar sobre as plantas e ocasione danos em seus cladódios, prejudicando a realização de fotossíntese e outros processos fisiológicos.

Quando cultivada sob condições de pleno sol e nas épocas do ano com maiores temperaturas, algumas partes dos ramos da pitaya apresentam amarelecimento e seu crescimento é prejudicado (QUEIROGA *et al.*, 2021; TRINDADE, 2022). A magnitude dos danos que a exposição longa a elevada radiação solar sobre as trocas gasosas, teor dos pigmentos fotossintéticos, fluorescência da clorofila, fisiologia, qualidade pós colheita nas plantas adultas nos pomares comerciais é desconhecida (OLIVEIRA, 2019).

Espécies do gênero *Hylocereus* que possuem uma cobertura de cera na extensão dos cladódios apresentam mais tolerância à luz, o que as protege contra a exposição direta dos estômatos à radiação solar. Ainda que algumas espécies do gênero *Hylocereus* sejam semiepífitas e que tenham preferência à meia-sombra, condições essas fornecidas pelas florestas de onde esse gênero é oriundo, algumas exceções podem ser encontradas em *H. undatus*, *H. costaricensis* e *H. purpusii*, que possuem mais adaptabilidade à exposição solar com moderação (QUEIROGA *et al.*, 2021).

Para amenizar esses danos e favorecer o microclima, a literatura recomenda o uso de sombreamento entre 30 e 60 % para interceptar a incidência direta dos raios solares aos cladódios. Normalmente a pitaya necessita de 8000 lux, utilizando sombreamento de 40 a 60%, a 12.000 lux, com 20 a 40% de sombreamento (QUEIROGA *et al.*, 2021).

O uso de sombrites é indicado para o manejo de pitaya e pode ser encontrado com diversas porcentagens de interceptação de luz. Além disso, a implementação do consórcio da pitaya com sistemas agroflorestais pode ser feito com o mesmo objetivo, sendo efetivo contra a radiação solar direta, principalmente em períodos com dias solares mais longos, conservando ainda a umidade do solo (APARECIDO, 2022).

3.3.2. ESTRESSE HÍDRICO

Estudos sobre a precipitação pluviométrica ideal para a pitaya ainda são imprecisos, visto que a cactácea tem preferência por solos bem drenados e não tolera encharcamentos. Trindade (2022) afirma que valores pluviométricos que rondam 500 a 700 mm são suficientes para seu desenvolvimento, e que a precipitação em excesso



pode causar a abscisão floral, e o apodrecimento dos frutos e até dos cladódios, se esse estiver em contato com o solo. Silva (2014) e Rezende *et al.* (2017), indicam que a pluviosidade ideal está entre 650 a 1500 mm ano⁻¹, desde que bem distribuídos, o que torna o cultivo viável para regiões com déficit hídrico. Para Queiroga *et al.* (2021), a faixa ideal se encontra entre 500 e 700 mm ano⁻¹.

Quando a pluviosidade é ineficiente e mal distribuída durante o ano, como é característico do clima semiárido, indica-se a irrigação regular e controlada para evitar o apodrecimento das raízes com o encharcamento. Ainda assim, o consumo de água pela pitaya será muito inferior a outras culturas frutícolas, (TRINDADE, 2022) e em condições de climas quentes, como o do estado do Ceará, Brasil, a cactácea pode chegar a consumir em torno de 50% de água a menos em sua produção, quando comparada à cultura da banana (RODRIGUES, 2022), bastante disseminada na região sul do estado.

Na região compreendida pelo clima Semiárido, as altas taxas de evapotranspiração e baixa incidência de chuva são responsáveis pelas frequentes cenas de escassez de água superficial e o aumento da salinidade dos solos, trazendo desafios para o desenvolvimento de culturas agrícolas em seu território (BEZERRA *et al.*, 2020). No Semiárido compreendido entre Oceania a Austrália, existe uma faixa de deserto com temperatura elevada e pluviosidade que não ultrapassa 500 mm ao ano. Na Índia, os estresses bióticos e abióticos que são influenciados pelas mudanças no clima, sejam elas os episódios de seca, inundações, áreas em degradação, salinidade, altas temperaturas, doenças e pragas agrícolas são representações de desafios para a agricultura principalmente em terras estéreis do semiárido (WAKCHAURE *et al.*, 2020).

Na América do Norte, o semiárido que ocorre entre o México e os Estados Unidos, o clima exprime índices pluviométricos que chegam até os 300 mm. Já na América do Sul, o clima está presente na Argentina, Venezuela, Bolívia, Paraguai e Brasil, com chuvas irregulares e chuvas que vão de 500 a 750 mm ao ano (OLIVEIRA & LEMOS, 2018). O Semiárido brasileiro possui características que o distinguem das demais incidências mundiais, apresentando-se como o mais chuvoso do planeta (ASABRASIL, 2023).

A irrigação pode proporcionar modificações e melhorias frente à indisponibilidade hídrica, bem como grande parte das tecnologias ligadas à produção

agrícola. Para tanto, conhecer a aplicação dessa técnica permite avaliar os impactos causados e visualizar soluções que otimizem o uso da água (MOREIRA *et al.*, 2018).

A pluviosidade também influencia no percentual de pegamento dos frutos que diminui devido ao aborto floral, possivelmente ocasionado pelo excesso de hidratação e umidade do ambiente (QUEIROGA *et al.*, 2021). Graças ao uso eficiente da água pelas cactáceas, a pitaya possui a capacidade de produção de biomassa em grande escala em habitats onde a precipitação é escassa, ou onde a evapotranspiração é tão alta que a chuva é insuficiente para o desenvolvimento de outras culturas comerciais (TAIZ *et al.*, 2017). A pitaya possui metabolismo CAM, que é uma adaptação ao ambiente árido, o que explica e favorece sua sobrevivência em condições de clima quente e seco, e plantas dessa categoria quando estão sob condições normais de suprimento de água e nutrientes, passam a consumir em média de 18 a 25 L de água/kg de matéria seca produzida, enquanto que as plantas C4 e C3 consomem, sob condições iguais, de 250 a 350 L e 450 a 950 L de água, respectivamente (VIEIRA *et al.*, 2010). Porém, a robustez das espécies do gênero *Hylocereus* permitem que elas se adaptem a diferentes condições ecológicas (QUEIROGA *et al.*, 2021).

3.3.3. ESTRESSE SALINO

A salinidade é um dos estresses abióticos mais agressivos e que afeta grande parte do Semiárido, prejudicando a difusão da agricultura nesses locais, afetando mais de 160 hectares de terras agrícolas e tornando 1,5 milhão de hectares improdutivos por ano (FAO, 2022). As plantas apresentam crescimento deficitário e desordem nutricional quando submetidas a estresse salino por conta do efeito osmótico, já que sua absorção de água é prejudicada (OLIVEIRA, 2019; RODRIGUES *et al.*, 2020). Especificamente em pitayas, a salinidade pode influenciar negativamente no crescimento da parte aérea e das raízes quando as estacas são instaladas, implicando em baixa produção de fitomassa da cultura (SANTOS *et al.*, 2020).

A pitaya é considerada tolerante a solos, moderadamente salinos, onde seu cultivo pode ser estendido para mais de 3,85 M ha de solos salinos (moderada a leve salinidade). Desse modo, o cultivo da pitaya pôde ser indicado para as áreas salinas de estados como Gujarat e Rajasthan, na Índia, com salinidade que variavam de 0,11 a 1,5 milhão por hectare (WAKCHAURE *et al.*, 2020). Os altos níveis de salinidade podem ainda

ser limitantes ao cultivo da planta em algumas zonas do Algarve, em Portugal (TRINDADE, 2022), por conta de sua proximidade ao oceano e a exploração dos corpos de água subterrâneos, resultando em uma água de baixa qualidade para a irrigação, e criando excesso de sais nos solos (JESUS, BORGES, *et al.*, 2020).

As plantas de pitaya apresentam ajustes osmóticos para que se adaptem ao estresse salino, e consigam amenizar e até evitar o menor crescimento vegetal induzido pela salinidade (ARAÚJO *et al.*, 2021). Em sementes de *H. undatus*, a salinidade pode reduzir o índice de velocidade de germinação em até 62%, já em espécies de *H. costaricensis*, em 46% (CARVALHO, *et al.*, 2022). Para condições de estresse, o hidrocondicionamento acaba promovendo o aumento na velocidade de germinação, já que as sementes irão requerer menos água para completar o processo (PESKE; VILLELA; MENEGHELLO, 2019).

As cactáceas podem ainda manter seu crescimento e rendimento satisfatório mesmo submetidas ao estresse salino. Isso se dá por conta da adoção de um manejo e de técnicas que atenuem os efeitos da irrigação com água salina, levando em conta as adaptações e modificações existentes nas cactáceas. O uso de matéria orgânica pode minimizar o efeito dos sais sobre as plantas, pois ela influencia na condutividade elétrica do solo (CE), uma vez que retém cargas, trazendo benefícios para as raízes e para o desenvolvimento das plantas (OLIVEIRA, 2019).

4. CONSIDERAÇÕES FINAIS

Adotando-se um manejo adaptado às principais condições críticas do semiárido ao desenvolvimento promissor da pitaya, é possível atenuar seus efeitos e alcançar uma boa produtividade, sendo uma alternativa viável para cultivo rentável nesse clima.

REFERÊNCIAS

- APARECIDO, L. E. O.; DUTRA, A. F.; LIMA, R. F.; ALCANTARA NETO, F.; TORSONI, G. B.; LEITE, M. R. L. Climate Change Scenarios and the Dragon Fruit Climatic Zoning in Brazil. *Journal Theoretical And Applied Climatology*, [S.l.], 10 jan. 2022. Research Square Platform LLC. DOI: <http://dx.doi.org/10.21203/rs.3.rs-1229802/v1>.
- ARAÚJO, A. C. S.; FRIZZONE, J. A.; CAMARGO, A. P.; PEREIRA, D. J. S.; MELO, V. G. M. L.; BOMBARDELLI, W. W. A.. Discharge sensitivity of collapsible drip tapes to water temperature. *Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental*, v. 25, n. 1, p. 3–9, jan. 2021.

- ASABRASIL. Semiárido - É no Semiárido que a Vida Pulsa!. Disponível em: <SEMIÁRIDO - ASA Brasil - Articulação no Semiárido Brasileiro> Acesso em: mai. 2023.
- BEZERRA, R. U., VIANA, T. V. A., AZEVEDO, B. M., PEREIRA FILHO, J. V., LIMA, A. D. Produção e qualidade da abóbora maranhão sob influência de lâminas de irrigação e doses de nitrogênio. *Irriga*, v. 25, n. 1, p. 87-101, 2020.
- BICCA, M. L. Revisão sobre a cultura da pitaya e concentrações de ácido bórico e temperaturas na conservação de grãos de pólen de diferentes espécies. 2021. 84 F. Tese - Programa de pós graduação em agronomia, UFP, Pelotas, 2021. Disponível em: http://guaiaca.ufpel.edu.br/bitstream/prefix/8133/1/Tese_Mariana_Larrondo.pdf. Acesso em: 25 fev. 2022.
- BIDERBOST, E. B. J. Mejora genética. Programa de mejoramiento del garbanzo (*Cicer arietinum* L.). Facultad de Ciencias Agropecuarias. Universidad Nacional de Córdoba. Periodo 1970-1988. In: CARRERAS, J.; MAZZUFERI, V.; KARLIN, M. El cultivo de garbanzo en Argentina. -1a ed.-Córdoba: Universidad Nacional de Córdoba, 2016, p.135-178.
- CARVALHO, S. M. C.; PAIVA, E. P.; TORRES, S. B.; NETA, M. L. S.; LEITE, M. S.; BENEDITO, C. P.; ALBUQUERQUE, C. C.; SÁ, F. V. S. Pre-germination treatments in pitaya (*Hylocereus* spp.) seeds to attenuate salt stress. *Revista Ciência Agronômica*, v. 53, p. e20218121, 2022.
- CEAGESP. (2021). Companhia de Entrepósitos e Armazéns Gerais de São Paulo. Pitaya. Disponível em: < https://ceagesp.gov.br/guia_ceagesp/pitaya>. Acesso em: mai. 2023.
- FAO (Food and Agriculture Organization of the United Nations). (2022). Salinidade em agricultura irrigada (conceitos básicos e práticos).
- FULLERTON, R. A., LEE, W. (2021). Dragon Fruit – from Production to Market (Taipei, Taiwan: Food and Fertilizer Technology Center for the Asia and Pacific Region).
- GARDEN ORACLE (org.). Growing Dragon Fruit: *hylocereus* species. *Hylocereus* species. 2021. Disponível em: <https://gardenoracle.com/images/hylocereus.html>. Acesso em: 2 mar. 2022.
- JESUS, J., BORGES, M. T. Salinização de solos em Portugal, *Rev. Ciência Elem.*, 2020, V8(3):047
- LE THI HOANG, T., VAN SON, N., LONG, N. N, NGUYEN HOA, V., CAMPBELL, J. M. E., FULLERTON, R. A. (2021) Novas Técnicas de Treliza e Manejo de Plantas para Dragon Fruits no Vietnã (Taipei, Taiwan: Dragon Fruit Network).



- LONE, A. B.; BELTRAME, A. B.; SILVA, D. A.; GUIMARÃES, G. G. F.; HARO, M. M.; MARTINS, R. S. Cultivo de Pitaia. Florianópolis, 2020. 44p. (EPAGRI. Boletim Técnico, 196).
- MOREIRA, A. R.; SOUZA, F. L. B.; SILVA, R. T. L.; OLIVEIRA, R. L. L.; ALONÇO, A. S.; NETO, C. F. O.; SOUSA, S. K. A. Determinação do comprimento da estaca para a produção de mudas de pitaia (*Hylocereus costaricensis*) em ambiente protegido. *Tecno-Lógica*, v. 21, n. 2, p. 41-45, 4 jul. 2017.
- MOREIRA, A. R.; SOUZA, F. L. B.; SILVA, R. T. L.; OLIVEIRA, R. L. L.; ALONÇO, A. S.; SOUZA, L. C.; CARPES, D. P. Determinação do turno de rega para a produção de mudas de pitaya em ambiente protegido. *Revista Tecnológica*, [S.l.], v. 22, n. 1, p. 73, 22 jan. 2018. APESC - Associação Pró-Ensino em Santa Cruz do Sul. <http://dx.doi.org/10.17058/tecnolog.v22i1.11140>.
- MUNEER, S., KIM, E. J., PARK, S., LEE, J. H. Influence of green, red and blue light emitting diodes on multiprotein complex proteins and photosynthetic activity under different light intensities in lettuce leaves (*Lactuca sativa* L.). *Int J Mol Sci*. 2014 Mar 17;15(3):4657-70. doi: 10.3390/ijms15034657.
- OLIVEIRA, F. M., LEMOS, J. J. S. Semiárido no Mundo. *Revista Encontros Universitários da UFC*, Ed. v. 3 n. 1 (2018), Seção III Encontro de Iniciação Acadêmica.
- OLIVEIRA, L. M. Fontes de matéria orgânica como atenuante do estresse salino na produção de mudas de pitaia vermelha (*Hylocereus costaricensis*). Orientador: Vander Mendonça. Coorientador: Francisco de Assis Oliveira. Dissertação (Mestrado) - Universidade Federal Rural do Semi-árido, Programa de Pós-graduação em Fitotecnia, 2019.
- PESKE, S. T.; VILLELA, F. A.; MENEGELLO, G. E. Sementes: fundamentos científicos e tecnológicos. 4ª ed. Pelotas: Becker e Peske, 2019.
- PIO, A. S.; RODRIGUES, M. A.; SILVA, F. O. R. O Agronegócio da Pitaya, Abrappitaia, Lavras, 2020, 325p.
- PRESTES, D. N. & SAWADA, A. Como plantar pitaya. 2020. Curso Online. <https://comoplantarpitaya.com/?fbclid=IwAR05_CYFeLCdyT8S1b0ZkZLdCWY993ei9w3V0GQBthz79c5VLxSRfScACo> Acesso em: abr. 2023.
- RODRIGUES, M. G. F.; FERREIRA, A. F. A.; MALAGUTTI, E. S.; PINTO, M. S.; MONTEIRO, L. N. H.; SÁ, M. E. Cladode size and collection time for pitahaya propagation. *Ciência e Agrotecnologia*, v. 45, p. e004821, 2021.
- SANTOS, D. N.; PIO, L. A. S.; FALEIRO, F. G. Pitaya: uma alternativa frutífera. 1ª Edição. Brasília - DF: EMBRAPA, 2022.
- SERAFIM, U. Perfil dos produtores e caracterização de frutos de pitaya. 2021. 64 f. Tese (Doutorado) - Curso agricultura sustentável, Universidade José do Rosário



Vellano, Alfenas, Minas Gerais, 2021. Disponível em: <https://docs.google.com/viewerng/viewer?url=http://tede2.unifenas.br:8080/jspui/bitstream/jspui/297/2/Tese+Ulisses.pdf>.

SARMENTO, J. D. A. Qualidade, compostos bioativos e conservação da pitáia (*Hylocereus polyrhizus*) no semiárido brasileiro, 145 f, 2017. Tese (Doutorado em Fitotecnia)- Universidade Federal Rural Do Semi-Árido. Rio Grande do Norte, Mossoró, 2017.

SILVA, J. G. P.; REZENDE, L. M. M.; SOUZA, F. B. M.; FREIRE, A. I.; AZEVEDO, T. M. Propagation technology of Pitaya cultivars through cuttings. *Research, Society and Development*, [S. l.], v. 11, n. 16, p. e279111638096, 2022. DOI: 10.33448/rsd-v11i16.38096. Disponível em: <https://rsdjournal.org/index.php/rsd/article/view/38096>. Acesso em: 31 may. 2023.

SIREGAR, L. A. M.; ANGKAT, N. U.; DAMANIK, R. I. Characterization and evaluation of the variability of dragon fruit accessions in Dairi District, North Sumatra Province, Indonesia. *Journal Nusantara Bioscience*, [S.l.], v. 13, n. 1, p. 138-145, 6 jul. 2021. DOI: <http://dx.doi.org/10.13057/nusbiosci/n130118>.

WAKCHAURE, G. C., KUMAR, S., MEENA, K. K., RANE, J., PATHAK, H. Dragon Fruit Cultivation in India: Scope, Constraints and Policy Issues. Technical Bulletin No. 27. ICAR–National Institute of Abiotic Stress Management, Baramati, Pune, Maharashtra, India, p. 47+vi.

VIEIRA, E. L.; SOUZA, G. S.; SANTOS, A. R.; SILVA, J. S. Manual de Fisiologia Vegetal. Universidade Federal do Maranhão – UFMA. São Luis, 2010, 230p.

WÜRZ, D. A., CAMPOS, J. L. N., ALTMANN, H. M., FARIAS, E. V., FERREIRA, P. Capacitação online sobre fruticultura e viticultura: adaptação e inovação em tempos de pandemia. In: 9º SIMPÓSIO DE INTEGRAÇÃO CIENTÍFICA E TECNOLÓGICA DO SUL CATARINENSE - SICTSUL.27, outubro. 2020. Online. Disponível em: <https://eventoscientificos.ifsc.edu.br/index.php/sictsul/9-sict-sul/paper/viewPaper/3048> Acesso em: 30 de abril de 2023.

QUEIROGA, V. P.; GIRÃO, E. G.; GOMES, J. P.; QUEIROZ, A. J. de M.; FIGUEIREDO, R. M. F. de.; ALBUQUERQUE, E. M. B. Pitahaya (*Hylocereus* sp.) sistema produtivo de cactos trepadeiras. 1.ed. Campina Grande: AREIA-PB, 2021. Disponível em: https://www.researchgate.net/profile/Vicente-Queiroga/publication/353020891_PITAHAYA_Hylocereus_spp_SISTEMA_PRODUTIVO_DE_CACTOS_TREPADEIRAS_Editores_Tecnicos/links/60e482eca6fdccb74511f628/PITAHAYA-Hylocereus-spp-SISTEMA-PRODUTIVO-DE-CACTOS-TREPADEIRAS-Editores-Tecnicos.pdf.

REZENDE, I. F.; SOUSA, A. C. G.; SUAREZ, N. F.; ROCHA, C. C.; RUFINI, J. C. M. Cultivo da pitaya. Minas Gerais: UFSJ Del Rei, 2017.



- RODRIGUES, V. S.; BEZERRA, F. M. L.; SOUSA, G. G.; FIUSA, J. N.; LEITE, K. N.; VIANA, T. V. A. Produtividade da cultura do milho irrigado com águas salinas. *Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental*. v.24, p.101-105, 2020. <https://doi.org/10.1590/1807-1929/agriambi.v24n2p101-105>
- RODRIGUES, I (org.). Adece incentiva cultivo de culturas alternativas para geração de novos negócios no Ceará. 2022. Disponível em: <https://www.adece.ce.gov.br/2022/02/04/adece-incentiva-cultivo-de-culturas-alternativas-no-ceara/#:~:text=Pitaya%20cearense&text=A%20pitaya%20%C3%A9%20um%20exemplo,de%20%C3%A1gua%20que%20a%20banana..> Acesso em: 5 mar. 2022.
- SANTOS, L. C. dos; SILVA, S. T. de A.; MEDEIROS, C. R. de; SANTOS, A. V. D. dos; LIMA, G. S. de; SEVERO, P. J. da S.; MEDEIROS, J. E. de; BRILHANTE, C. L.; PEREIRA, J. D. A. Peróxido de hidrogênio como atenuante do estresse salino na formação de mudas de pitaia vermelha (*hylocereus costaricensis*) / Hydrogen peroxide as an attenuant to saline stress in the formation of red pita child (*hylocereus costaricensis*). *Brazilian Journal of Development*, [S. l.], v. 6, n. 5, p. 27295–27308, 2020. DOI: 10.34117/bjdv6n5-252. Disponível em: <https://ojs.brazilianjournals.com.br/ojs/index.php/BRJD/article/view/10004>. Acesso em: 31 may. 2023.
- SILVA, A. C. C. Pitaya: melhoramento e produção de mudas. Tese (Doutorado em Agronomia) - Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias, Jaboticabal: USP, 2014. 132 fl.
- TAIZ, L.; ZEIGER, E.; MOLLER, I. M.; MURPHY, A. *Fisiologia e Desenvolvimento Vegetal*. 6ª ed. Porto Alegre: Artmed, 2017.
- TRIDGE. 2021. Disponível em <<https://www.tridge.com/pt/intelligences/dragon-fruit/export>>. Acesso em: 12 abr. 2023.
- TRINDADE, A. R. C. *Floração e Frutificação da Pitaia (Hylocereus undatus)*. Orientador: Amílcar M. Marreiros Duarte. 102 f. Dissertação - (Mestrado) Hortofruticultura. Universidade do Algarve - Faculdade de Ciências e Tecnologia, Algarve, 2022.



CAPÍTULO XXVI

ESTUDO COMPARATIVO DE ÁGUA DISTRIBUÍDA NO MUNICÍPIO DE BARREIRA/CE

COMPARATIVE STUDY OF WATER DISTRIBUTED IN THE CITY OF BARREIRA/CE

DOI: 10.51859/ampla.mas3200-26

Carlos Eduardo Soares ¹

Lívia Cristina Lopes Sousa ²

Thiago de Sá Sena ³

Daniela Lima Machado da Silva ⁴

¹ Graduando do curso de Engenharia Civil. Universidade Federal do Ceará – UFC

² Graduanda do curso de Engenharia Civil. Universidade Federal do Ceará – UFC

³ Doutorando do Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil – POSDEHA. Universidade Federal do Ceará – UFC

⁴ Professora Adjunta da Universidade Federal do Ceará – UFC – Campus de Russas.

RESUMO

Devido a urbanização desordenada, expansão de indústrias, desmatamentos (principalmente em áreas ciliares), queimadas e desperdícios, os quais levam à redução do volume de água disponível, contaminação e poluição de corpos hídricos, e como consequência, propiciam o aparecimento de doenças de veiculação hídrica. Desse modo, essa pesquisa teve como foco realizar um estudo comparativo entre a qualidade da água distribuída em três pontos distintos localizados na cidade de Barreira-CE e os valores de referências das análises fornecidas pela Estação de Tratamento de Água da região (ETA), tendo em vista os parâmetros para potabilidade da água exigidos pela Portaria 888/2021 do Ministério da Saúde. Foram analisados parâmetros físico-químicos de pH, Turbidez e Cloretos, além dos parâmetros microbiológicos de coliformes totais (CT) e *E. coli*. Dentre os parâmetros físico-químicos, os valores de pH e turbidez estavam acima do valor fornecido pela ETA, no entanto ainda estão abaixo do enquadramento da Portaria nº 2.914/2011. Já os cloretos, as análises mostraram valores muito acima do aceitável, principalmente nos pontos das comunidades de Córrego e Croatá, variando de 63,1 a 163,42 mg/L Cl⁻ e 67,49 a 251,34 mg/L Cl⁻, respectivamente. Nesse sentido, é importante que a Companhia de Água e Esgoto do Ceará

(CAGECE) tenha um maior controle dos parâmetros de qualidade de água na ETA, e realize vistorias no sistema de abastecimento de água, tendo em vista a localizar e mitigar possíveis focos de contaminação.

Palavras-chave: parâmetros físico-químicos e microbiológicos. qualidade da água. rede de abastecimento de água. estudo comparativo.

ABSTRACT

Due to disorderly urbanization, expansion of industries, deforestation (mainly in riparian areas), burning, and waste, which lead to a reduction in the volume of available water, contamination, and incentive of water bodies, consequently, propitiate the appearance of waterborne diseases. Thus, this research focused on carrying out a comparative study between the quality of water distributed in three different points located in the city of Barreira-CE and the reference values of the analyzes provided by the Water Treatment Plant (WTP) in the region, given the parameters for water potability required by Regulation nº 888/2021 of the Ministry of Health. Physical-chemical parameters of pH, turbidity, and chlorides. In addition, microbiological parameters of total Coliforms (TC) and *E. coli* were analyzed. Among the physical-chemical parameters, the pH and turbidity values were

above the value provided by the WTP. However, they are still below the framework of Regulation nº 2.914/2011 of the Ministry of Health. As for the chloride, the analyzes showed values above the acceptable, mainly in the communities of Córrego and Croatá, ranging from 63.1 to 163.42 mg/L Cl⁻ and 67.49 to 251.34 mg/L Cl⁻, respectively. In this sense, it is important that the Ceará Water and Sewage Company

(CAGECE) have greater control over the water quality parameters in the WTP, and perform inspections in the water supply system, locate mitigate possible sources of contamination.

Keywords: physical-chemical and microbiological parameters. water quality. water supply network. comparative study.

1. INTRODUÇÃO

Nossos rios, lagos e mares, ao longo do tempo, vêm sendo severamente degradados pela ação do homem sobre o ambiente, por meio da urbanização desordenada, expansão de indústrias, desmatamentos (principalmente em áreas ciliares), queimadas e desperdícios, que levam à redução do volume de água, contaminação e poluição. E como consequência, propiciam o aparecimento de doenças de veiculação hídrica (VEIGA, 2005). A partir disso, é importante ter em mente que o controle da qualidade, bem como da quantidade existente de água própria disponível para o consumo, é crucial para manter a harmonia entre o funcionamento do ecossistema e a manutenção da saúde humana.

Dentre os principais problemas e causas atrelados à contaminação da água, o autor Nobrega (2015) cita que o uso excessivo do solo para atividades agrícolas sem o adequado cuidado com a conservação ambiental resulta na degradação das microbacias. Além disso, Veiga (2005) discorre que os resíduos industriais e domésticos vêm trazendo sérios problemas nas últimas décadas, questão esta que atentou a opinião pública e de órgãos governamentais e não-governamentais na busca de projetos sustentáveis de combate a esses impactos negativos. Nesse sentido, a gerência e a utilização dos recursos hídricos também são alvos de críticas, tendo em vista que os mesmos têm levado a um nível de degradação ambiental e risco de escassez de água, comprometendo a qualidade de vida das futuras gerações.

Desse modo, essa pesquisa teve como foco realizar um estudo comparativo entre a qualidade da água distribuída na cidade de Barreira/CE e os valores de referências das análises fornecidas pela Estação de Tratamento de Água da região, tendo em vista os parâmetros para potabilidade da água exigidos pela Portaria GM/MS Nº 888/2021 do Ministério da Saúde, bem como realizar a comparação dos valores obtidos

por meio das análises de pH, com os valores cedidos pela concessionária local de abastecimento e tratamento de água para os pontos analisados.

2. METODOLOGIA

2.1. ÁREA DE ESTUDO

A área de estudo escolhida foi a região do município de Barreira, localizado na macrorregião do Maciço do Baturité, mesorregião do norte cearense no interior do Estado do Ceará.

O município Barreira é abastecido pelo Açude Acarape do Meio (Barragem Eugênio Gudim), localizado no município de Redenção nas coordenadas geográficas de 4° 11' 43.01" Sul e 38° 48' 22.35" Oeste. A barragem foi construída pelo Departamento Nacional de Obras Contra a Seca (DNOCS), com início da construção em 1909 e sua finalização em 1924 (IBGE, 2022). O reservatório é composto essencialmente por uma barragem em concreto, um espelho d'água de 220 hectares e capacidade de armazenamento de 31,5 milhões de metros cúbicos (CEARÁ, 2007).

2.2. ENSAIOS LABORATORIAIS

O monitoramento dos parâmetros físico-químicos e microbiológicos foi realizado por meio de coletas de água em três pontos localizados em três residências diferentes da área de estudo. O processo de análise da qualidade da água seguiu as seguintes fases, coleta de amostras, e posterior análises microbiológicas e físico-químicas. As coletas foram realizadas no intervalo de três meses, compreendendo os meses de maio a julho de 2022, e os pontos de cada coleta apresentam coordenadas geográficas apresentadas na Tabela 1.

Tabela 1 – Coordenadas dos pontos de coleta em Russas - CE

Pronto de coleta	Sul	Oeste
Croatá	4° 16' 21.89"	38° 38' 41.07"
Flores	4° 20' 5.22"	38° 40' 5.08"
Córrego	4° 17' 49.52"	38° 34' 1.93"

Fonte: Autoria própria.

2.3. PROCEDIMENTO DE COLETA E AMOSTRAGEM

O procedimento de coleta e amostragem nas residências, foi realizado segundo as recomendações da NBR 9898 (ABNT, 1987), certificando assim, a pureza das

amostras. A partir disso, os frascos, foram devidamente desinfetados em álcool etílico 70% e o manuseio foi realizado com a utilização de luvas cirúrgicas.

A coleta da amostra da ETA foi realizada com o preenchimento dos frascos diretamente na água, na qual os frascos utilizados para todas as coletas foram garrafas de polietileno de 500 mL para as análises físico-químicas e potes autoclavados para as análises microbiológicas. Desta forma, foram coletados cerca de 500 mL para as análises físico-químicas e 100 mL para a análise microbiológica de todas as amostras, sempre tomando cuidado no processo pra não preencher os frascos totalmente para que assim fosse possível a homogeneização da amostra, antes de realizar o particionamento para os ensaios.

Os horários de coleta das amostras foram padronizados para cada ponto, de modo a não interferir no resultado das análises, pois a variabilidade de horário de coleta pode gerar alguma mudança e influenciar nos resultados. Os dias e horários de coleta foram nos dias 30 de maio, 30 de junho e 12 de julho, em 2022, nos horários de 9:00, 11:00 e 13:00 horas em cada um dos dias.

2.4. ANÁLISES MICROBIOLÓGICAS

De modo a identificar a presença de dois principais grupos de bactérias indicadoras de contaminação fecal, foram realizadas análises microbiológicas na qual o processo seguiu com vistas a detecção dos grupos de bactérias coliformes totais (CT) e *E. coli*. A justificativa para essas análises se mostra a partir da possibilidade de contaminação pelo despejo de efluentes domésticos, bem como poluição causada pela atividade comercial. Nesse processo, foi utilizado o sistema COLItest, que é a cultura na qual permite a detecção simultânea dos dois grupos de bactérias após a adição de um reativo de kovacs para prova de indol e detecção de *E. coli*. Os passos da análise realizada, se deram a partir da separação de um sachê de COLItest e 100 ml de amostra com a adição de cultura e posterior homogeneização, obtendo no processo, uma coloração púrpura.

Logo em seguida, o frasco com a amostra utilizada foi incubado em estufa bacteriológica, com temperatura variando entre 35 +/- 2° C, semelhante com ao trato digestivo humano, por um período de 18 a 48 horas. Após isso, foi feita a análise da coloração da amostra incubada, na qual o aparecimento da cor púrpura significaria

presença de coliformes totais. Já se apresentasse cor amarelada, indicaria resultado negativo para a presença de coliformes totais. Depois de realizada a análise de presença de coliformes totais, 10 mL da amostra que estava na estufa foi transferida para um tubo de ensaio para realização da prova de indol de presença de *E. coli*, com a adição de 3 a 5 gotas de Kovacs.

2.5. ANÁLISES FÍSICO-QUÍMICAS

As análises físico-químicas foram pH, turbidez e cloretos, executadas as análises de acordo com o disposto em APHA, AWWA e WEF (2017), temos que a medição de pH foi realizada pelo método eletrométrico, devido a sua maior precisão. O método baseia-se na utilização de um pHmetro de bancada de modelo Tecnopon mPA-210 já calibrado com duas soluções tampão de valores de pH igual a 4 e a 7.

Para a turbidez, foi utilizado o método nefelométrico com o auxílio de um turbidímetro calibrado da marca AKSO e modelo TU430. Para a aferição da turbidez, uma amostra de 20mL é colocada em uma cubeta e posicionada dentro do turbidímetro.

Nas análises de cloretos foram utilizadas titulometria com indicadores, na qual as amostras de água foram diluídas com um titulante, nitrato de prata 0,01N, e como indicador cromato de potássio 5%, utilizando-se um fator de diluição (FD) igual a 1/10.

3. RESULTADOS E DISCUSSÕES

3.1. DIAGNÓSTICOS DE CAMPO

Através das características que cercam a área de estudo, é possível apontar fatos que podem estar relacionados com a diferença de resultados entre o material coletado nos pontos residenciais e na ETA. A questão geográfica, por exemplo, pode influenciar na mudança de parâmetros, tendo em vista que por atender vários municípios, a ETA fica localizada mais afastada da área dos pontos de estudo. Outro ponto importante é a atividade comercial aquecida na região, que por se tratar de cultivo de uma cultura, há um grande uso de água e alterações no solo, com utilização de potenciais contaminantes como agrotóxicos. Com isso, os resultados aqui apresentados podem ser de grande importância no mapeamento de regiões com níveis preocupantes de contaminação dentro da área de estudo, podendo assim, servir de base e auxílio para mitigação desse problema.

3.2. ANÁLISES MICROBIOLÓGICAS

Para as análises microbiológicas, foram realizadas duas coletas nas quais foram analisadas as presenças de Coliformes Totais (CT) e de *E.coli*, como exposto nas Tabelas 2 e 3:

Tabela 2 – Resultados das análises microbiológicas (Coliformes) em Russas - CE

Ponto de coleta	Coleta 1	Coleta 2
Croatá	Ausente	Ausente
Flores	Presente	Presente
Córrego	Ausente	Presente

Fonte: Autoria própria.

Tabela 3 – Resultados das análises microbiológicas (I) em Russas - CE

Ponto de coleta	Coleta 1	Coleta 2
Croatá	Ausente	Ausente
Flores	Presente	Presente
Córrego	Ausente	Ausente

Fonte: Autoria própria.

Segundo a Resolução Conama nº 357/2005 e a Portaria nº 2.914/2011 do Ministério da Saúde, parâmetros microbiológicos para o enquadramento dos corpos d'água, bem como para água de consumo, são de total ausência de *E. Coli* e coliformes totais em uma análise de 100 mL de amostra. Portanto, pelos resultados obtidos foi possível concluir que há contaminação na rede de distribuição que abastece a comunidade de Flores, tendo em vista que a amostra deste ponto atestou a presença de ambos os indicadores nas coletas realizadas.

Por estar localizado em uma região de comunidade com presença de fossas sépticas, esse resultado pode estar relacionado a vários problemas, entre eles destaca-se o despejo de efluentes domésticos oriundos de fossas, que possuem grande concentração de coliformes totais e fecais, na qual segundo Santos (2008), a presença desses grupos de bactérias está bastante atrelada.

3.3. PH

Nos resultados da análise de pH das amostras, foi possível notar que houve grande variação nos valores de pH das amostras, em que o valor mínimo encontrado foi de 6,92 e o máximo de 8,17 e o valor médio igual a 7,54. Entre as diferenças, se tem que o ponto da comunidade de Flores apresentou o maior valor de pH entre os pontos de coleta, mostrando que possui o maior índice de acidez com relação aos demais. Contudo, é interessante notar que apesar do ponto de Flores mostrar o valor máximo de pH, nas coletas 1 e 3, a amostra da comunidade de Córrego se mostrou superior aos outros pontos.

Vale ressaltar que durante as três coletas analisadas na ETA, houve grande variação nos valores, o que indica pouca coerência nos dados, isso se mostra importante no que diz respeito a confiabilidade das análises. Desse modo, têm-se que na primeira coleta os dados da ETA revelam o valor de pH de 7,09 para esse dia, em contrapartida nos pontos estudados as comunidades de Córrego e Flores apresentaram os maiores valores 7,57 e 7,25 respectivamente, sendo acima do valor encontrado na ETA. Na segunda coleta, a ETA mostra o valor de pH de 6,98 e nos pontos de coleta houve aumento significativo desses valores em Córrego, Flores e Croatá, sendo iguais a 7,44, 8,17 e 7,46, respectivamente.

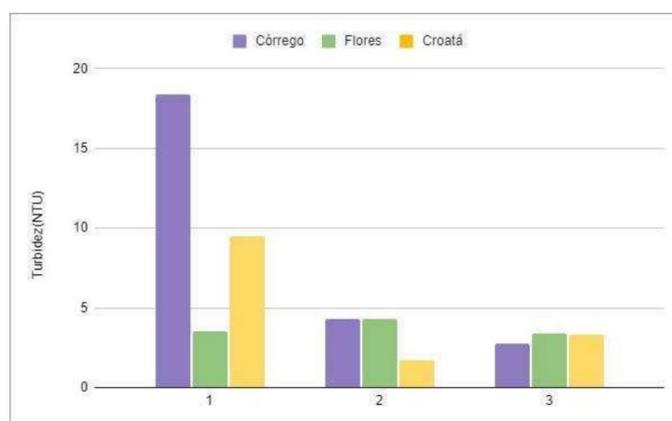
A terceira coleta segue a tendência de aumento nos valores de pH, ao passo que na ETA tem-se uma medida de 7,03 e nos pontos de coleta temos 7,80, 7,64 e 7,60. Contudo, apesar de apresentarem considerável aumento do pH e tendência de alcalinização da água quando comparado com os valores de pH na ETA, é importante frisar que mesmo acima, esses valores ainda se enquadram na faixa de valores de pH ideais para consumo humano, sendo os intervalos de 6 a 9,5, estabelecidos pela Portaria MS nº 2.914/2011 para valores de pH..

3.4. TURBIDEZ

Ao observar e comparar os valores de turbidez fornecidos pela ETA, é possível notar que na primeira e na terceira coleta foram obtidos índices muito acima do recomendado na estação de tratamento, de modo que somente na segunda coleta 0,51 o valor está dentro do recomendado. Quando comparamos com os resultados realizados nesse estudo (Figura 1), a discrepância é grande, na qual na primeira coleta

tem-se um valor máximo de 18,35 no ponto referente a comunidade de Córrego e mínimo de 3,56 no ponto de Flores.

Figura 1 – Valores de Turbidez ETA Redenção, Russas, Ceará, Brasil, 2022



Fonte: Autoria própria.

Ainda que nas demais coletas, os valores encontrados neste estudo sejam satisfatórios do ponto de vista de consumo humano, a diferença dos valores de turbidez na ETA com os da água na adutora até chegar aos pontos de coleta é expressiva, podendo ser um indício forte de problemas ligados a contaminação da rede de distribuição de água, na qual provavelmente há alguma entrada preferencial na tubulação, causando migração de partículas de solo do entorno para a tubulação até os pontos de referência.

3.5. CLORETOS

Os resultados da análise de cloretos apresentaram um aumento entre as coletas nos pontos de Córrego e Croatá, variando de 63,1 a 163,42 mg/L Cl⁻ e 67,49 a 251,34 mg/L Cl⁻, respectivamente. Em contrapartida, no ponto de Flores houve uma diminuição de cloretos entre as coletas 1 e a 2, apresentando variação de 241,76 a 71,25 mg/L Cl⁻, estando abaixo do limite preconizado na Portaria GM/MS Nº 888, de 4 de maio de 2021, para águas próprias para o consumo humano que é de 250 mg/L.

No geral, apesar dos valores de cloretos encontrados nas coletas dos pontos ao longo da rede de distribuição estarem dentro da faixa recomendada, é importante notar que os valores de cloro residual livre na ETA apresentam valores muito acima do estabelecido pelo Ministério da Saúde, que é de no mínimo 0,5 mg/L e máximo 2 mg/L. A segunda coleta apresentou o valor mais preocupante, de 5 mg/L. Este valor esteve

diferente dos valores achados no estudo de Morais *et al.* (2016), que se mantiveram abaixo de 0,5 mg/L. Dentre os motivos para tal discrepância, entre muitos fatores, pode-se apontar o déficit de estrutura e pessoal para gerenciar o melhor controle na ETA.

4. CONCLUSÕES

As análises microbiológicas apontaram que há indícios de contaminação fecal em amostras, uma vez detectada a presença de coliformes totais e *E. coli* na localidade de Flores. Em relação ao parâmetro de pH, foram observados valores ainda aceitáveis. Já o parâmetro de turbidez evidenciou alterações, levando a hipótese de existir contaminação. O parâmetro cloretos evidenciou altas concentrações já na ETA, não sendo recomendada pela regulamentação vigente.

Nesse sentido, é importante que a Companhia de Água e Esgoto do Ceará (CAGECE) tenha maior controle dos parâmetros de qualidade de água na estação de tratamento de água, atendendo os valores limites de critérios estabelecidos pelas portarias do Ministério da Saúde e Agência Nacional das Águas (ANA).

Vislumbrando futuros trabalhos, recomenda-se a utilização de outros parâmetros físico-químicos de qualidade, que possam contribuir com uma análise mais acurada e minuciosa da qualidade da água. Assim, este trabalho contribui para o entendimento da qualidade das águas da cidade de Barreira/CE, monitorando os parâmetros estabelecidos, bem como um ponto de partida para análises futuras com maior aprofundamento e em outras vertentes.

REFERÊNCIAS

- American Public Health Association (APHA); American Water Works Association (AWWA); World Economic Forum (WEF). Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater. 23rd Edition, American Public Health Association, American Water Works Association, Water Environment Federation, Denver, 2017.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. ABNT NBR 9898: Preservação e técnicas de amostragem de efluentes líquidos e corpos receptores. Rio de Janeiro: ABNT.
- BRASIL. FUNDAÇÃO NACIONAL DE SAÚDE. Manual de Controle da Qualidade da Água para Técnicos que Trabalham em ETAS. 1. ed. Brasília: Fundação Nacional de Saúde, 2014.



- BRASIL. Lei nº 9.433, de 8 de janeiro de 1997. Institui a Política Nacional de Recursos Hídricos, cria o Sistema Nacional de Gerenciamento de Recursos Hídricos [...]. Brasília, DF, 8 de jan. de 1997.
- BRASIL. Ministério da Saúde. Gabinete do Ministro. Portaria GM/MS nº 888, de 4 de maio de 2021. Brasília, 2021.
- DNOCS, D. N. de Obras contra as Secas, Acervo DNOCS açude Acarape do meio, disponível em: <https://www.gov.br/dnocs/pt-br/assuntos/noticias/noticia-site-antigo-3481>. Acesso em: 20/11/2022.
- FUNDAÇÃO NACIONAL DE SAÚDE. Manual Prático de Análise de Água. 4. ed. Brasília: Fundação Nacional de Saúde, 2013.
- IBGE, I. B. de Geografia e E. Biblioteca ibge - catalogo açude Acarape do meio, disponível em: <https://biblioteca.ibge.gov.br/biblioteca-catalogo.html?id=435416view=detalhes>. Acesso em: 20/11/2022.
- MORAIS, W. A. et al. Qualidade sanitária da água distribuída para abastecimento público em Rio Verde, Goiás, Brasil. Cadernos Saúde Coletiva. v. 24, n. 3, p. 361-367, 2016.
- NOBREGA, M. D. de A. C. Physical and chemical analysis of water supply bacteriological city of santo Domingos-PB, INTESA, v. 9, p. 10–14, 2015.
- Pesquisa Nacional de Amostra de Domicílios. Instituto Brasileiro de Geografia Estatística [IBGE], 2012.
- SANTOS, S. M. Qualidade Da Água Na Rede De Distribuição Da Universidade Estadual De Maringá. Cadernos Zygmunt Bauman, v. 8, n. 18, 2018.
- VEIGA, G. D. Análises físico-químicas e microbiológicas de Água de poços de diferentes cidades da região sul de santa Catarina e efluentes líquidos industriais de algumas empresas da grande Florianópolis. Universidade Federal de Santa Catarina, Centro de Ciências Físicas e Matemáticas, Departamento de Química, 2005.



AMPLLA
EDITORA



9 786553 811300