

José Max Barbosa de Oliveira Junior  
Thiago Almeida Vieira  
(Organizadores)

# Sociedade, Natureza e Desenvolvimento na Amazônia

Volume 04

  
Atena  
Editora  
Ano 2024



José Max Barbosa de Oliveira Junior  
Thiago Almeida Vieira  
(Organizadores)

# Sociedade, Natureza e Desenvolvimento na Amazônia

Volume 04

  
Atena  
Editora  
Ano 2024



**Editora chefe**

Profª Drª Antonella Carvalho de Oliveira

**Editora executiva**

Natalia Oliveira

**Assistente editorial**

Flávia Roberta Barão

**Bibliotecária**

Janaina Ramos

**Projeto gráfico**

Camila Alves de Cremo

Ellen Andressa Kubisty

Luiza Alves Batista

Nataly Evilin Gayde

Thamires Camili Gayde

**Imagens da capa**

iStock

**Edição de arte**

Luiza Alves Batista

2024 by Atena Editora

Copyright © Atena Editora

Copyright do texto © 2024 O autor

Copyright da edição © 2024 Atena

Editora

Direitos para esta edição cedidos à Atena Editora pelo autor.

Open access publication by Atena

Editora



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

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

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

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

**Conselho Editorial****Multidisciplinar**

Prof. Dr. Adilson Tadeu Basquerote Silva – Universidade para o Desenvolvimento do Alto Vale do Itajaí

Prof. Dr. Alexandre de Freitas Carneiro – Universidade Federal de Rondônia

Prof. Dr. Alexandre Jose Schumacher – Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Paraná

Profª Drª Aline Alves Ribeiro – Universidade Federal do Tocantins

Prof. Dr. Américo Junior Nunes da Silva – Universidade do Estado da Bahia  
Profª Drª Ana Maria Aguiar Frias – Universidade de Évora  
Profª Drª Andréa Cristina Marques de Araújo – Universidade Fernando Pessoa  
Prof. Dr. Antonio Carlos da Silva – Universidade de Coimbra  
Prof. Dr. Antonio Carlos Frasson – Universidade Tecnológica Federal do Paraná  
Prof. Dr. Antonio Gasparetto Júnior – Instituto Federal do Sudeste de Minas Gerais  
Prof. Dr. Antonio Isidro-Filho – Universidade de Brasília  
Prof. Dr. Arnaldo Oliveira Souza Júnior – Universidade Federal do Piauí  
Prof. Dr. Carlos Antonio de Souza Moraes – Universidade Federal Fluminense  
Profª Drª Caroline Mari de Oliveira Galina – Universidade do Estado de Mato Grosso  
Prof. Dr. Christopher Smith Bignardi Neves – Universidade Federal do Paraná  
Prof. Dr. Crisóstomo Lima do Nascimento – Universidade Federal Fluminense  
Profª Drª Cristina Gaio – Universidade de Lisboa  
Prof. Dr. Daniel Richard Sant’Ana – Universidade de Brasília  
Prof. Dr. Deyvison de Lima Oliveira – Universidade Federal de Rondônia  
Profª Drª Dilma Antunes Silva – Universidade Federal de São Paulo  
Prof. Dr. Edvaldo Antunes de Farias – Universidade Estácio de Sá  
Prof. Dr. Eloi Martins Senhora – Universidade Federal de Roraima  
Prof. Dr. Elson Ferreira Costa – Universidade do Estado do Pará  
Profª Drª Eufemia Figueroa Corrales – Universidad de Oriente: Santiago de Cuba  
Profª Drª Fernanda Pereira Martins – Instituto Federal do Amapá  
Profª Drª Geuciane Felipe Guerim Fernandes – Universidade Estadual de Londrina  
Prof. Dr. Gustavo Henrique Cepolini Ferreira – Universidade Estadual de Montes Claros  
Prof. Dr. Humberto Costa – Universidade Federal do Paraná  
Profª Drª Ivone Goulart Lopes – Istituto Internazionale delle Figlie de Maria Ausiliatrice  
Prof. Dr. Jadilson Marinho da Silva – Secretaria de Educação de Pernambuco  
Prof. Dr. Jadson Correia de Oliveira – Universidade Católica do Salvador  
Prof. Dr. Joachin de Melo Azevedo Sobrinho Neto – Universidade de Pernambuco  
Prof. Dr. João Paulo Roberti Junior – Universidade Federal de Santa Catarina  
Prof. Dr. Jodeyson Islony de Lima Sobrinho – Universidade Estadual do Oeste do Paraná  
Prof. Dr. José Luis Montesillo-Cedillo – Universidad Autónoma del Estado de México  
Profª Drª Juliana Abonizio – Universidade Federal de Mato Grosso  
Prof. Dr. Julio Candido de Meirelles Junior – Universidade Federal Fluminense  
Prof. Dr. Kárpio Márcio de Siqueira – Universidade do Estado da Bahia  
Profª Drª Kátia Farias Antero – Faculdade Maurício de Nassau  
Profª Drª Keyla Christina Almeida Portela – Instituto Federal do Paraná  
Profª Drª Lina Maria Gonçalves – Universidade Federal do Tocantins  
Profª Drª Lisbeth Infante Ruiz – Universidad de Holguín  
Profª Drª Lucicleia Barreto Queiroz – Universidade Federal do Acre  
Prof. Dr. Lucio Marques Vieira Souza – Universidade do Estado de Minas Gerais  
Prof. Dr. Luis Ricardo Fernandes da Costa – Universidade Estadual de Montes Claros  
Profª Drª Marcela Mary José da Silva – Universidade Federal do Recôncavo da Bahia  
Prof. Dr. Marcelo Pereira da Silva – Pontifícia Universidade Católica de Campinas  
Profª Drª Maria Luzia da Silva Santana – Universidade Federal de Mato Grosso do Sul  
Profª Drª Marianne Sousa Barbosa – Universidade Federal de Campina Grande  
Prof. Dr. Miguel Rodrigues Netto – Universidade do Estado de Mato Grosso

Profª Drª Mônica Aparecida Bortolotti – Universidade Estadual do Centro Oeste do Paraná

Profª Drª Natiéli Piovesan – Instituto Federal do Rio Grande do Norte

Prof. Dr. Pablo Ricardo de Lima Falcão – Universidade de Pernambuco

Profª Drª Paola Andressa Scortegagna – Universidade Estadual de Ponta Grossa

Prof. Dr. Pedro Henrique Máximo Pereira – Universidade Estadual de Goiás

Profª Drª Rita de Cássia da Silva Oliveira – Universidade Estadual de Ponta Grossa

Prof. Dr. Rui Maia Diamantino – Universidade Salvador

Profª Drª Sandra Regina Gardacho Pietrobon – Universidade Estadual do Centro Oeste

Prof. Dr. Saulo Cerqueira de Aguiar Soares – Universidade Federal do Piauí

Prof. Dr. Urandi João Rodrigues Junior – Universidade Federal do Oeste do Pará

Profª Drª Vanesa Bárbara Fernández Bereau – Universidad de Cienfuegos

Profª Drª Vanessa Bordin Viera – Universidade Federal de Campina Grande

Profª Drª Vanessa Freitag de Araújo – Universidade Estadual de Maringá

Profª Drª Vanessa Ribeiro Simon Cavalcanti – Universidade Federal da Bahia  
Universidade de Coimbra

Prof. Dr. William Cleber Domingues Silva – Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro

Prof. Dr. Willian Douglas Guilherme – Universidade Federal do Tocantins

## Sociedade, natureza e desenvolvimento na Amazônia - Volume 04

**Diagramação:** Nataly Evilin Gayde  
**Correção:** Yaidy Paola Martinez  
**Indexação:** Amanda Kelly da Costa Veiga  
**Revisão:** Os autores  
**Organizadores:** José Max Barbosa de Oliveira Junior  
Thiago Almeida Vieira

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

S678 Sociedade, natureza e desenvolvimento na Amazônia -  
Volume 04 / Organizadores José Max Barbosa de  
Oliveira Junior, Thiago Almeida Vieira. - Ponta Grossa -  
PR: Atena, 2024.

Formato: PDF

Requisitos de sistema: Adobe Acrobat Reader

Modo de acesso: World Wide Web

Inclui bibliografia

ISBN 978-65-258-2922-7

DOI: <https://doi.org/10.22533/at.ed.227242410>

1. Amazônia. I. Oliveira Junior, José Max Barbosa de  
(Organizador). II. Vieira, Thiago Almeida (Organizador). III.  
Título.

CDD 918.11

Elaborado por Bibliotecária Janaina Ramos – CRB-8/9166

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

## DECLARAÇÃO DO AUTOR

Para fins desta declaração, o termo 'autor' será utilizado de forma neutra, sem distinção de gênero ou número, salvo indicação em contrário. Da mesma forma, o termo 'obra' refere-se a qualquer versão ou formato da criação literária, incluindo, mas não se limitando a artigos, e-books, conteúdos on-line, acesso aberto, impressos e/ou comercializados, independentemente do número de títulos ou volumes. O autor desta obra: 1. Atesta não possuir qualquer interesse comercial que constitua um conflito de interesses em relação à obra publicada; 2. Declara que participou ativamente da elaboração da obra, preferencialmente na: a) Concepção do estudo, e/ou aquisição de dados, e/ou análise e interpretação de dados; b) Elaboração do artigo ou revisão com vistas a tornar o material intelectualmente relevante; c) Aprovação final da obra para submissão; 3. Certifica que a obra publicada está completamente isenta de dados e/ou resultados fraudulentos; 4. Confirma a citação e a referência correta de todos os dados e de interpretações de dados de outras pesquisas; 5. Reconhece ter informado todas as fontes de financiamento recebidas para a consecução da pesquisa; 6. Autoriza a edição da obra, que incluem os registros de ficha catalográfica, ISBN, DOI e demais indexadores, projeto visual e criação de capa, diagramação de miolo, assim como lançamento e divulgação da mesma conforme critérios da Atena Editora.

## DECLARAÇÃO DA EDITORA

A Atena Editora declara, para os devidos fins de direito, que: 1. A presente publicação constitui apenas transferência temporária dos direitos autorais, direito sobre a publicação, inclusive não constitui responsabilidade solidária na criação da obra publicada, nos termos previstos na Lei sobre direitos autorais (Lei 9610/98), no art. 184 do Código Penal e no art. 927 do Código Civil; 2. Autoriza e incentiva os autores a assinarem contratos com repositórios institucionais, com fins exclusivos de divulgação da obra, desde que com o devido reconhecimento de autoria e edição e sem qualquer finalidade comercial; 3. A editora pode disponibilizar a obra em seu site ou aplicativo, e o autor também pode fazê-lo por seus próprios meios. Este direito se aplica apenas nos casos em que a obra não estiver sendo comercializada por meio de livrarias, distribuidores ou plataformas parceiras. Quando a obra for comercializada, o repasse dos direitos autorais ao autor será de 30% do valor da capa de cada exemplar vendido; 4. Todos os membros do conselho editorial são doutores e vinculados a instituições de ensino superior públicas, conforme recomendação da CAPES para obtenção do Qualis livro; 5. Em conformidade com a Lei Geral de Proteção de Dados (LGPD), a editora não cede, comercializa ou autoriza a utilização dos nomes e e-mails dos autores, bem como quaisquer outros dados dos mesmos, para qualquer finalidade que não o escopo da divulgação desta obra.

Gostaríamos de expressar nossa sincera gratidão à Universidade Federal do Oeste do Pará (Ufopa), à Pró-Reitoria de Pesquisa, Pós-Graduação e Inovação Tecnológica (PROPPIT), ao Instituto de Biodiversidade e Florestas (IBEF) e ao Programa de Pós-Graduação em Sociedade, Natureza e Desenvolvimento (PPGSND) pelo apoio acadêmico, logístico e financeiro, essenciais para a realização desta obra. O suporte institucional e o ambiente de pesquisa proporcionados foram fundamentais para o desenvolvimento e sucesso deste trabalho.

Agradecemos também à Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES), ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq) e à Fundação Amazônia de Amparo a Estudos e Pesquisas (FAPESPA) pelo apoio financeiro e pelas bolsas de doutorado concedidas ao PPGSND, que foram cruciais para a realização das pesquisas que resultaram neste livro.

Este livro teve financiamento da Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES) - Programa CAPES: PDPG-CONSOLIDACAO-3-4 (PDPG Emergencial de Consolidação Estratégica dos Programas de Pós-Graduação (PPGs) stricto sensu acadêmicos com notas 3 e 4) – Processo n. 88881.707396/2022-01. Edital N° 13/2020 Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES) (PDPG Amazônia Legal) - Projeto 88881.510170/2020-01-PDPG\_AL\_CAPES\_Auxpe 0786/2020.

Os capítulos 3, 4, 5, 7 e 14 são financiados pela Fundação Amazônia de Amparo a Estudos e Pesquisas – Fapespa (termo de outorga n. 094/2023) - Edital n° 38/2022 - Programa de Desenvolvimento da Pós-Graduação (PDPG) - Parcerias Estratégicas nos Estados III.

A todos que contribuíram de alguma forma para a concretização deste projeto, nossa mais profunda gratidão.

## REALIZAÇÃO

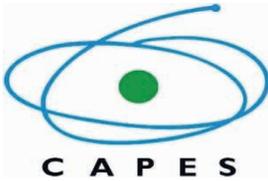


**Universidade Federal do Oeste do Pará**



**Programa de Pós-Graduação em Sociedade, Natureza e Desenvolvimento**

## APOIO



**Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior**



**Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico**



O volume 4 do livro ***Sociedade, Natureza e Desenvolvimento na Amazônia*** é uma iniciativa do Curso de Doutorado em Sociedade, Natureza e Desenvolvimento (PPGSND) da Universidade Federal do Oeste do Pará (Ufopa), na área de Ciências Ambientais. Esta produção pretende difundir estudos desenvolvidos no âmbito desse Programa. O livro apresenta resultados de trabalhos concluídos ou em andamento, com ênfase nas revisões de literatura e estado do conhecimento sobre temas diversos, tendo o meio ambiente e diferentes sociedades como elo. No presente volume, o livro continua a explorar a complexa interação entre as dinâmicas sociais, o meio ambiente e as inovações tecnológicas, com enfoque em temas cruciais para o desenvolvimento sustentável. Este livro reúne pesquisas multi e interdisciplinares, integrando conceitos de bioeconomia, ciências agrárias, ciências ambientais, saúde, educação e inovação tecnológica, especialmente com relação à Amazônia e suas particularidades. O livro oferece uma reflexão profunda e crítica sobre a necessidade de transitar para modelos de desenvolvimento que valorizem a sustentabilidade e a equidade social, apresentando um panorama atual e futuro dos desafios globais e locais.

No **Capítulo 1**, *Os Paradigmas Conceituais de Territórios Inovadores e Sustentáveis da Bioeconomia: Estudo Crítico a Partir de uma Revisão da Literatura*, são discutidos os diferentes paradigmas que moldam a bioeconomia sustentável. A partir de uma revisão da literatura, o trabalho aborda o conceito de territórios inovadores e a necessidade de uma abordagem crítica sobre a relação entre desenvolvimento econômico e preservação ambiental.

O **Capítulo 2**, *Fitoterápicos Amazônicos – Uma Alternativa no Combate à Doença Cárie*, examina o potencial de produtos naturais da Amazônia no combate à cárie, destacando o papel dos fitoterápicos como uma solução viável para a saúde bucal e a valorização da biodiversidade regional.

Seguindo essa linha, o **Capítulo 3**, *Tendências e Desafios na Bioeconomia na Amazônia Brasileira: Mitigação de Aflatoxinas na Produção de Bertholletia excelsa Bonpl.*, apresenta uma análise das tendências e desafios da bioeconomia amazônica, com foco na mitigação de aflatoxinas na produção da castanha-do-pará. Este capítulo traz uma visão técnica sobre a necessidade de inovação para garantir a segurança alimentar e a viabilidade econômica da região.

A trajetória tecnológica dos agrotóxicos é tema do **Capítulo 4**, *Evolução Tecnológica dos Agrotóxicos: História, Impactos e Desafios*, que discute os avanços e os desafios que a evolução dos agrotóxicos impõe à sociedade que almeja o desenvolvimento sustentável, com foco nos impactos ambientais e na saúde pública.

O **Capítulo 5**, *Evolução e Aplicações do Sensoriamento Remoto em Estudos Ambientais: Uma Revisão de Literatura*, explora as tecnologias emergentes de sensoriamento remoto e suas aplicações para o monitoramento ambiental, especialmente em áreas de difícil acesso como a Amazônia.

Além de questões tecnológicas, o livro aborda também aspectos educacionais e de saúde. No **Capítulo 6**, *A Medicina Tradicional na Formação Inicial de Enfermeiros: Uma Revisão Sistemática da Literatura*, são discutidos os benefícios e desafios da integração da medicina tradicional na formação de profissionais de saúde, com ênfase no contexto amazônico.

O **Capítulo 7**, *Percurso Histórico da Implementação do Programa Bosques para a Mitigação da Mudança Climática do Peru*, oferece uma análise detalhada da implementação de políticas públicas voltadas à mitigação das mudanças climáticas, com foco na experiência peruana.

Por outro lado, o **Capítulo 8**, *Arquitetura Amazônica como Projeto de Habitações Populares*, trata da arquitetura regional, discutindo como a adaptação de construções à realidade amazônica pode contribuir para o desenvolvimento social e econômico, ao mesmo tempo que respeita o ecossistema local.

Já o **Capítulo 9**, *Proposta de Indicadores Socioambientais para a Floresta Nacional do Tapajós*, apresenta uma proposta de indicadores socioambientais para medir a sustentabilidade em uma das regiões mais importantes da Amazônia.

O **Capítulo 10**, *Proposições Teóricas sobre a Educação Científica para o Desenvolvimento Sustentável: Ampliando a Compreensão no Contexto das Mudanças Climáticas*, destaca o papel da educação científica no enfrentamento das mudanças climáticas, defendendo a necessidade de uma abordagem educacional crítica e transformadora.

No campo do direito, o **Capítulo 11**, *A Importância do Método de Análise de Decisões Judiciais nas Pesquisas sobre Propriedade Coletiva Quilombola*, discute o impacto das decisões judiciais em relação à propriedade coletiva de territórios quilombolas, abordando questões de justiça e direitos humanos.

O **Capítulo 12**, *Evolução da Tecnologia de Monitoramento Pesqueiro: da Documentação em Papel aos Aplicativos*, oferece uma visão histórica e técnica sobre o monitoramento pesqueiro, destacando o impacto das novas tecnologias nesse setor crucial para a economia e a sustentabilidade.

No **Capítulo 13**, *Um Mapeamento Sistemático da Literatura sobre o Uso de Jogos Digitais para o Aprimoramento das Funções Executivas nos Anos Iniciais do Ensino Fundamental*, são explorados o uso de tecnologias educacionais, especificamente jogos digitais, para o desenvolvimento cognitivo de crianças.

O **Capítulo 14**, *Perspectivas de Fortalecimento da Cadeia de Valor do Açaí de Base Agroextrativista no Murumuru no Lago Maicá pelo Compartilhamento de Tecnologias Desenvolvidas no Bioma Amazônia e Cerrado*, discute estratégias para fortalecer a cadeia produtiva do açaí, um dos produtos mais representativos da bioeconomia amazônica.

Na área do ecoturismo, o **Capítulo 15**, *O Ecoturismo de Base Comunitária como Estratégia Sustentável para o Desenvolvimento Local em Áreas Protegidas*, foca no ecoturismo de base comunitária como uma alternativa econômica para as populações da Amazônia, promovendo o desenvolvimento local com baixo impacto ambiental e valorizando a cultura e a biodiversidade.

Por fim, o **Capítulo 16**, *Inovação Social e Bioeconomia: Caminhos Para a Sustentabilidade em Comunidades Tradicionais no Interior da Amazônia*, encerra o volume ao discutir como a inovação social, aliada à bioeconomia, pode ser um vetor de desenvolvimento sustentável nas comunidades tradicionais amazônicas, trazendo soluções que respeitam a cultura e o meio ambiente.

Este livro é uma contribuição essencial para acadêmicos, profissionais e gestores que buscam soluções sustentáveis e inovadoras para os desafios globais e regionais, especialmente relacionados à Amazônia.

A você leitor e leitora, desejamos uma excelente leitura!

**Dr. José Max Barbosa Oliveira-Junior**

**Dr. Thiago Almeida Vieira**

<b>CAPÍTULO 1 .....</b>	<b>1</b>
OS PARADIGMAS CONCEITUAIS DE TERRITÓRIOS INOVADORES E SUSTENTÁVEIS DA BIOECONOMIA: ESTUDO CRÍTICO A PARTIR DE UMA REVISÃO DA LITERATURA	
Adriane Panduro Gama Tania Suely Azevedo Brasileiro	
 <a href="https://doi.org/10.22533/at.ed.2272424101">https://doi.org/10.22533/at.ed.2272424101</a>	
<b>CAPÍTULO 2 .....</b>	<b>26</b>
FITOTERÁPICOS AMAZÔNICOS – UMA ALTERNATIVA NO COMBATE À DOENÇA CÂRIE	
Daniela Vieira de Castro Macambira Waldiney Pires de Moraes Lauro Euclides Soares Barata	
 <a href="https://doi.org/10.22533/at.ed.2272424102">https://doi.org/10.22533/at.ed.2272424102</a>	
<b>CAPÍTULO 3 .....</b>	<b>48</b>
TENDÊNCIAS E DESAFIOS NA BIOECONOMIA NA AMAZÔNIA BRASILEIRA: MITIGAÇÃO DE AFLATOXINAS NA PRODUÇÃO DE <i>Bertholletia excelsa Bonpl</i>	
Fátima Cristina Guerreiro Reale Cleomara Ramos Almeida Beatriz Leite da Silva Lucas José Mazzei de Freitas	
 <a href="https://doi.org/10.22533/at.ed.2272424103">https://doi.org/10.22533/at.ed.2272424103</a>	
<b>CAPÍTULO 4 .....</b>	<b>58</b>
EVOLUÇÃO TECNOLÓGICA DOS AGROTÓXICOS: HISTÓRIA, IMPACTOS E DESAFIOS	
Ilze Caroline Gois Braga Pedroso Carlos José Sousa Passos Luís Reginaldo Ribeiro Rodrigues	
 <a href="https://doi.org/10.22533/at.ed.2272424104">https://doi.org/10.22533/at.ed.2272424104</a>	
<b>CAPÍTULO 5 .....</b>	<b>75</b>
EVOLUÇÃO E APLICAÇÕES DO SENSORIAMENTO REMOTO EM ESTUDOS AMBIENTAIS: UMA REVISÃO DE LITERATURA	
Kely Prissila Saraiva Cordovil Lucas Raphael Mourão Gonçalves Wilderclay Barreto Machado Lucas Vaz Peres Yao Télésphore Brou Luciana Gonçalves de Carvalho	
 <a href="https://doi.org/10.22533/at.ed.2272424105">https://doi.org/10.22533/at.ed.2272424105</a>	

- CAPÍTULO 6 ..... 100**  
 A MEDICINA TRADICIONAL NA FORMAÇÃO INICIAL DE ENFERMEIROS:  
 UMA REVISÃO SISTEMÁTICA DA LITERATURA  
 Layla de Cassia Bezerra Bagata Menezes  
 Tânia Suely Azevedo Brasileiro  
 <https://doi.org/10.22533/at.ed.2272424106>
- CAPÍTULO 7 ..... 117**  
 PERCURSO HISTÓRICO DA IMPLEMENTAÇÃO DO PROGRAMA BOSQUES  
 PARA A MITIGAÇÃO DA MUDANÇA CLIMÁTICA DO PERU  
 Lino Max Santa Tsamaren  
 Lauro Euclides Soares Barata  
 Thiago Almeida Vieira  
 <https://doi.org/10.22533/at.ed.2272424107>
- CAPÍTULO 8 ..... 133**  
 ARQUITETURA AMAZÔNICA COMO PROJETO DE HABITAÇÕES POPULARES  
 Manoel José Oliveira da Cruz  
 Jarsen Luis Castro Guimarães  
 <https://doi.org/10.22533/at.ed.2272424108>
- CAPÍTULO 9 ..... 143**  
 PROPOSTA DE INDICADORES SOCIOAMBIENTAIS PARA A FLORESTA  
 NACIONAL DO TAPAJÓS  
 Martha Cecilia Vergel Verjel  
 Thiago Almeida Vieira  
 <https://doi.org/10.22533/at.ed.2272424109>
- CAPÍTULO 10..... 170**  
 PROPOSIÇÕES TEÓRICAS SOBRE A EDUCAÇÃO CIENTÍFICA PARA O  
 DESENVOLVIMENTO SUSTENTÁVEL: AMPLIANDO A COMPREENSÃO NO  
 CONTEXTO DAS MUDANÇAS CLIMÁTICAS  
 Mayara Duarte da Silva  
 Tânia Suely Azevedo Brasileiro  
 <https://doi.org/10.22533/at.ed.22724241010>
- CAPÍTULO 11 ..... 195**  
 A IMPORTÂNCIA DO MÉTODO DE ANÁLISE DE DECISÕES JUDICIAIS NAS  
 PESQUISAS SOBRE PROPRIEDADE COLETIVA QUILOMBOLA  
 Renata Priscila Benevides de Sousa  
 Ednea do Nascimento Carvalho  
 Jarsen Luis Castro Guimarães  
 <https://doi.org/10.22533/at.ed.22724241011>
- CAPÍTULO 12..... 209**  
 EVOLUÇÃO DA TECNOLOGIA DE MONITORAMENTO PESQUEIRO: DA  
 DOCUMENTAÇÃO EM PAPEL AOS APLICATIVOS  
 Samela Cristina da Silva Bonfim  
 Antônia do Socorro Pena da Gama  
 Frank Raynner Vasconcelos Ribeiro  
 <https://doi.org/10.22533/at.ed.22724241012>

**CAPÍTULO 13.....223**

UM MAPEAMENTO SISTEMÁTICO DA LITERATURA SOBRE O USO DE JOGOS DIGITAIS PARA O APRIMORAMENTO DAS FUNÇÕES EXECUTIVAS NOS ANOS INICIAIS DO ENSINO FUNDAMENTAL

Socorro Vânia Lourenço Alves

Enoque Calvino Melo Alves

Carla Marina Costa Paxiúba

Celson Pantoja Lima

 <https://doi.org/10.22533/at.ed.22724241013>

**CAPÍTULO 14.....247**

PERSPECTIVAS DE FORTALECIMENTO DA CADEIA DE VALOR DO AÇAÍ DE BASE AGROEXTRATIVISTA NO MURUMURU NO LAGO MAICÁ PELO COMPARTILHAMENTO DE TECNOLOGIAS DESENVOLVIDAS NO BIOMA AMAZÔNIA E CERRADO

Wanderley Rocha da Silva

Thiago Almeida Vieira

Paulo Campos Christo Fernandes

Marcelo Mencarini Lima

Kaio Ramon de Sousa Magalhães

Lucieta Guerreiro Martorano

 <https://doi.org/10.22533/at.ed.22724241014>

**CAPÍTULO 15.....263**

O ECOTURISMO DE BASE COMUNITÁRIA COMO ESTRATÉGIA SUSTENTÁVEL PARA O DESENVOLVIMENTO LOCAL EM ÁREAS PROTEGIDAS

Mayerly Alexandra Guerrero-Moreno

José Max Barbosa Oliveira-Junior

 <https://doi.org/10.22533/at.ed.22724241015>

**CAPÍTULO 16.....275**

INOVAÇÃO SOCIAL E BIOECONOMIA: CAMINHOS PARA A SUSTENTABILIDADE EM COMUNIDADES TRADICIONAIS NO INTERIOR DA AMAZÔNIA

Clayton André Maia dos Santos

Márcio José Moutinho da Ponte

Celson Pantoja Lima

 <https://doi.org/10.22533/at.ed.22724241016>

**SOBRE OS AUTORES .....293****SOBRE OS ORGANIZADORES .....303****ÍNDICE REMISSIVO .....304**

## OS PARADIGMAS CONCEITUAIS DE TERRITÓRIOS INOVADORES E SUSTENTÁVEIS DA BIOECONOMIA: ESTUDO CRÍTICO A PARTIR DE UMA REVISÃO DA LITERATURA

*Data de aceite: 02/10/2024*

### **Adriane Panduro Gama**

Universidade Federal do Oeste do Pará  
(UFOPA)  
Santarém-Pará

CV: <http://lattes.cnpq.br/3433369321324383>  
ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-4038-7986>

### **Tania Suely Azevedo Brasileiro**

Universidade Federal do Oeste do Pará  
(UFOPA)  
Santarém-Pará

CV: <http://lattes.cnpq.br/7125374751055075>  
ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-8423-4466>

**RESUMO:** Diante de um aceleração do desequilíbrio ecológico planetário por uma era antropocêntrica marcada pelo desenvolvimento predatório e pela queima de combustíveis fósseis, resultando desde a exaustão dos recursos naturais aos impactos das mudanças climáticas, este capítulo tem como objetivo analisar a bioeconomia global como modelo de desenvolvimento territorial inovador e sustentável. Com o intuito de aprofundarmos e agregarmos conhecimentos e rigor científico nessa pesquisa, optamos como método de

coleta e análise dos dados uma revisão da literatura a fim de avaliar a qualidade dos estudos acerca da bioeconomia, servindo para nortear o desenvolvimento de projetos bioeconômicos que superem a vigente economia convencional, indicando novos rumos e futuras investigações. Foram analisados estudos publicados a partir da abordagem conceitual e das aplicabilidades da bioeconomia reconhecidos pela comunidade científica. Conforme os resultados encontrados, foi possível evidenciar uma relevante crítica a bioeconomia como um paradigma responsável em solucionar a crise planetária e sinalizações para um emergente decrescimento. A literatura ao destacar relevantes conceitos bioeconômicos, apontou a bioeconomia de Georgescu-Roegen como um modelo de sustentabilidade forte que integra a biosfera na economia, e recomendou os valores éticos normativos como um dos parâmetros de uma bioeconomia sustentável e inovadora para cada região do planeta à luz dos ODS, da luta contra a entropia e de uma crescente evolução da complexidade. Assim, os subsídios preliminares dessa revisão científica, de modo crítico e reflexivo, conseguem impulsionar caminhos

estratégicos de inovações bioeconômicas inclusivas, ecológicas e de circularidade aberta.

**PALAVRAS-CHAVE:** Bioeconomia. Comunidades. Desenvolvimento sustentável. Tecnologias sociais. Territórios inovadores.

## THE CONCEPTUAL PARADIGMS OF INNOVATIVE AND SUSTAINABLE TERRITORIES OF THE BIOECONOMY: A CRITICAL STUDY BASED ON A LITERATURE REVIEW

**ABSTRACT:** Faced with an acceleration of planetary ecological imbalance due to an anthropocentric era marked by predatory development and the burning of fossil fuels, resulting in the exhaustion of natural resources and the impacts of climate change, this chapter aims to analyze the global bioeconomy as an innovative and sustainable territorial development model. In order to deepen and add knowledge and scientific rigor to this research, we opted for a literature review as the method of data collection and analysis to assess the quality of studies on the bioeconomy, serving to guide the development of bioeconomic projects that go beyond the current conventional economy, indicating new directions and future research. We analyzed published studies based on the conceptual approach and applications of bioeconomics recognized by the scientific community. According to the results found, it was possible to highlight a relevant critique of the bioeconomy as a paradigm responsible for solving the planetary crisis and signs of an emerging degrowth. By highlighting relevant bioeconomic concepts, the literature pointed to Georgescu-Roegen's bioeconomy as a strong sustainability model that integrates the biosphere into the economy, and recommended normative ethical values as one of the parameters of a sustainable and innovative bioeconomy for each region of the planet in light of the SDGs, the fight against entropy and the growing evolution of complexity. In this way, the preliminary contributions of this scientific review, in a critical and reflective way, manage to drive forward strategic paths of inclusive, ecological and open circularity bioeconomic innovations.

**KEYWORDS:** Bioeconomy. Communities. Sustainable development. Social technologies. Innovative territories.

### 1. INTRODUÇÃO

Diante do aceleração de desequilíbrio planetário, causando a exaustão dos recursos ambientais, extinção de seres vivos, desigualdades socioambientais e impactos climáticos, esses fenômenos demonstram ser resultados de um defasado e insustentável modelo econômico em uma era considerada antropocêntrica. Shiva (2003, p. 17) constata uma era de expansão global de “monoculturas da mente” que incorporam mais a política, controle e poder do que as diversidades naturais e culturais, resultando na falência social e ecológica. Após 21 anos da publicação dessa obra, ainda consegue traduzir a atual gravidade do cenário planetário.

Com efeito, o Relatório divulgado pela Oxfam Brasil (2021) confirma que o planeta continua colapsando devido ao aumento extremo de eventos climáticos. Os resultados destes estudos estimam-se que os investimentos de 1% dos mais ricos representam entre

50% a 70% de todas as emissões de carbono no planeta, um dos responsáveis por alterar o clima por suas indústrias altamente poluidoras e pela sua influência nas políticas industriais e ambientais. Apesar de serem os maiores causadores, as populações mais vulneráveis do planeta serão as mais impactadas, como vem ocorrendo no sul global.

Ademais, Harari (2018) aponta um grande dilema sobre a fusão da tecnologia da informação com a biotecnologia, repercutindo em mudanças sem precedentes quanto aos desenvolvimentos globais. Para este autor, embora hajam exitosas promessas nessas áreas, podem existir profundas e sérias ameaças ao bem estar social se caso não tiverem uma decisiva conduta ética sobre como proceder com o poder de reformulação da vida.

Esses acontecimentos reverberam um conjunto de problemas causados pelos impactos da vigente visão utilitária da economia ambiental neoclássica, que podem afetar, por meio de sua produção e consumo, territórios como os de comunidades ribeirinhas e o ambiente como um todo. Apesar da natureza possuir uma resiliência, de autorregenerar-se das agressões deste sistema econômico predatório, pode haver comprometimentos e provocar situações irreversíveis, inclusive neste próprio sistema (Mueller, 2012).

À propósito, nos contextos de regiões remotas, uma vez que são constatadas políticas públicas inoperantes, como nas áreas da educação, da saúde e de moradia, toda sua estrutura social é comprometida e são consideradas situações problemáticas preocupantes. Em seu pensamento sistêmico e holístico, Capra (2005) defende que temas centrais, seja de saúde, educação, direitos humanos, justiça social, poder político, proteção ao meio-ambiente, modelos de gestão e a própria economia, têm relação tanto com os seres humanos e seus sistemas sociais quanto com os demais sistemas vivos e ecossistemas.

Indo além dos debates para lidar com esses e entre outros desafios modernos, é imperativo a superação dos atuais modelos econômicos por novos modelos mais adequados às mudanças globais, regionais e comunitárias. Para esse início de século XXI projetam-se novas oportunidades, perspectivas e esperanças a bioeconomia, considerada um novo paradigma mundial, com seu potencial modelo de desenvolvimento a fim de reduzir a poluição global, expandir a melhoria na segurança alimentar e acelerar a adaptação e mitigação das mudanças climáticas, entre outras metas. Todavia, perduram-se muitas críticas à bioeconomia, desde sua plasticidade conceitual a suas visões e aplicabilidades.

Em vista disso, este capítulo busca analisar as contribuições do paradigma da bioeconomia por uma perspectiva crítica, pela qual busque encontrar processos bioeconômicos que diferenciem-se da economia *mainstream*<sup>1</sup>, com o intuito de consolidar

---

1. *Mainstream* em sua tradução literal significa "corrente ou fluxo principal". A Economia *Mainstream* associa-se as economias neoclássica e ortodoxa expressando uma tendência dominante que apresentam ideias defendidas pela elite econômica em suas principais instituições acadêmicas, organizações, jornais em algum dado tempo. Considera-se por *mainstream* econômico como o sistema complexo que constitui a fronteira da pesquisa econômica, na qual várias ideias são testadas por uma mesma metodologia ou implementadas novas; contudo, a elite dominante pode rejeitar visões alternativas ao suprimir opiniões de economistas heterodoxos. Cf em: COLANDER, D.; HOLT, R.; ROSSER JR., B. The changing face of mainstream economics, **Review of Political Economy**, Reino Unido, n. 16, 2004.

um desenvolvimento territorial inovador com maior conhecimento da natureza. Como questão norteadora tem-se: Com base em indicadores ideais de inovações bioeconômicas, que tipos de bioeconomias podem desenvolver-se como bioeconomias inclusivas e sustentáveis em territórios como os da Amazônia?

## **2. METODOLOGIA**

A abordagem desta pesquisa é de natureza qualitativa e busca agregar e aprofundar conhecimentos a partir de revisão da literatura, por ser tratar de uma análise explícita da qualidade das publicações selecionadas. Ao empregar-se como um instrumento de respostas à questão bioeconômica, por meio das discussões de autores, esta Revisão pode nortear o desenvolvimento da pesquisa, indicando possíveis análises estratégicas socioambientais e econômicas e futuras investigações. Por se tratar de um tema interdisciplinar, foi escolhido o Portal de Periódicos CAPES, visto que poderia ser encontradas as produções em qualquer uma das bases de dados.

Para o refinamento dos artigos disponíveis foi realizada uma seleção através da leitura dos títulos, resumos e palavras-chave, a fim de formalizar uma sistematização das abordagens conceituais, reflexivas e críticas da bioeconomia. Houve ainda um rastreamento conceitual com o auxílio de livros e artigos trabalhados em disciplinas<sup>2</sup> interdisciplinares e de economia. Considera-se importante para esse estudo a investigação da bioeconomia a partir da perspectiva crítica da economia ecológica, bem como os seus indicadores de sustentabilidade à luz dos ODS da Agenda 2030 (ONU, 2015).

## **3. DISCUSSÕES DAS ABORDAGENS BIOECONÔMICAS DE REVISÃO DA LITERATURA**

Foram apresentados os resultados do levantamento do paradigma bioeconômico aceitos pela comunidade científica, a fim de desenvolver um biomodelo alternativo baseado em estudos transdisciplinares da biologia, da sociologia e da economia a serem incorporados por esse estudo e em futuras pesquisas. Conforme a questão norteadora apresentada, esta seção dividiu-se pelas linhas argumentativas dos autores, estruturando-se em duas subseções, quais sejam: revisão das principais concepções bioeconômicas reconhecidas pela comunidade científica e análise crítica dos impactos estratégicos de inovação, de formulação e de implementação da bioeconomia que podem contrapor-se à defasada economia neoclássica.

---

2. Ofertadas pelos programas de pós-graduação Sociedade, Natureza e Sociedade (PPGSND/UFOPA) e Ciências Ambientais (PPGCIAMB/UFG), nos anos 2020 e 2021.

### 3.1. Enfoques conceituais do paradigma da bioeconomia

Mohammadian (2000) ressalta que diante de uma emergência em tornar a bioeconomia como uma ciência distinta da Economia e da Biologia, endossa-se como um novo paradigma na evolução disciplinar científica para fins de estudo e análise das causas bioeconômicas dos impactos ambientais oriundos das ações humanas.

Soedigdo, Harysakti e Usop (2014), ao sinalizar a bioeconomia como disciplina anunciam um novo paradigma no desenvolvimento econômico ambiental. Knowler (2002) prenuncia que o termo “bioeconômico” pode ser designado tanto aos aspectos econômicos quanto aos componentes biofísicos.

Nessa direção, Vargas-Hernandez, Pallagst e Hammer (2018) referem-se a bioeconomia como uma ciência interdisciplinar por conseguir reunir ciências apoiadas no empirismo da Biologia e no humanismo de Economia e, desse modo, tratar-se de um novo paradigma epistemológico holístico que explica a interatividade dos sistemas biológicos e da natureza com a economia e o social. Esses autores complementam que:

A bioeconomia é considerada um desenvolvimento científico mais avançado do que a economia porque se baseia no processo evolutivo da humanidade e da natureza. O avanço da ciência econômica estende-se a considerar a evolução biológica, a biologia e a termodinâmica como fundamentos importantes do processo econômico. A bioeconomia liga e expande a economia e a biologia para ancorar na sua previsão empírica para lhe dar o poder de regeneração e sustentabilidade às atividades dos sistemas socioeconômicos e biológicos (Vargas-Hernandez; Pallagst; Hammer, 2018, p. 21).

Ademais, Székács (2017, p. 123) defende que o conceito de bioeconomia continua em debate, visto que “[...] as pesquisas de literatura científica indicam que o conceito de bioeconomia é concebido de forma bastante diferente a partir das diversas perspectivas das partes interessadas”. Contudo, Vivien *et al.* (2019, p. 20) apontam que a atual propagação da bioeconomia “[...] não deve obscurecer o fato de que este termo tem uma longa história e teve vários significados diferentes.”.

Desse modo, destacam-se as literaturas revisadas de Vivien *et al.* (2019) e Bugge, Hansen e Klitkou (2016) apresentando as principais visões e tipos de bioeconomia, disputando entre si, projetadas por instituições e atores com distintas agendas e pesos políticos, nas diversas regiões biogeográficas do mundo. Para esses autores, a partir dessas perspectivas bioeconômicas, pode-se entender os seus desenvolvimentos no intuito de gerar concisas reflexões e sinalizações quanto as questões controversas desse tema.

Neste sentido, Bugge, Hansen e Klitkou (2016) evidenciaram três visões ideais da bioeconomia para alcançar uma economia de base biológica: a biotecnológica, com ênfase na aplicação e comercialização em diversos setores da economia; a biorrecurso, que centraliza-se no processamento e modernização biológica, e no estabelecimento de novas cadeias de valor; e a bioecológica, que prima na sustentabilidade e nos processos

ecológicos que aprimoram o uso de energia e nutrientes, além de promover a biodiversidade ao distanciar-se das monoculturas e a degradação do solo.

No quadro 1, elaborado por Vivien *et al.* (2019), encontram-se as narrativas de três tipos bioeconômicos concatenados com as três visões ideais de bioeconomia de Bugge, Hansen e Klitkou (2016): Bioecológica (Bioeconomia Tipo I), Biotecnológica (Bioeconomia Tipo II) e Biorrecurso (Bioeconomia Tipo III).

Quadro 1 – Resumo dos três tipos de bioeconomia por Vivien *et al.* (2019).

<b>Categorias</b>	<b>Bioeconomia Tipo I</b>	<b>Bioeconomia Tipo II</b>	<b>Bioeconomia Tipo III</b>
<b>Referências ilustrativas</b>	Georgescu-Roegen (1975, 1978)	OCDE (2009, 2017)	Langevelde <i>et al.</i> (2010) CE (2012, 2018)
<b>Definição</b>	Economia ecológica que é compatível com a biosfera.	Economia baseada na ciência impulsionada pela indústria biotecnológica.	Economia de base de biomassa.
<b>Relações Natureza/Economia</b>	Lutar contra entropia e coevolução com a biosfera; Desenvolvimento econômico alinhado com a evolução biológica.	A célula é uma fábrica; A tecnologia tem o poder de “corrigir o erros de Deus”.	Biomassa substitui combustíveis fósseis e mineração para produzir energia e materiais.
<b>Ciência, tecnologia e sociedade</b>	Megatendências com “tecnologias prometidas”; Enquanto se aguarda o advento do Prometheus III, haja a economia da prudência e do compartilhamento.	Perspectiva de uma quinta onda de Kondratiev baseada na ascensão de biotecnologia; A “economia da promessas tecno-científicas”.	Biorrefinação no centro da transição ecológica (Perspectiva Multinível); A economia da aprendizagem.
<b>Sustentabilidade</b>	Abordagem e perspectiva de decrescimento “Sustentabilidade forte”.	Abordagem “Sustentabilidade muito fraca”.	Abordagem “Sustentabilidade fraca”.
<b>Governança</b>	Deliberação democrática e planejamento ecológico.	Mercantilização de conhecimento; Defesa de direitos de propriedade intelectual.	Política orientada para a missão; <i>Backcasting</i> para identificar futuros desejáveis para a bioeconomia através da identificação do produto e coordenação de parte interessada.
<b>Tensões e paradoxos</b>	Contra-especialização em vez de concretas soluções técnicas; Críticas de grupos sociais que permanecem às margens dos centros de tomadas de decisão. O decrescimento não depende da agenda dos tomadores de decisão.	Conflitos e competição em patentear, mas acumulação de conhecimento continua problemático; Como os processos de biotecnologia podem ser integrados dentro de um complexo de produtos multi-tecnológicos?; Como as promessas inovadoras podem ser mantidas como uma única solução em todas as áreas de aplicação?; Resistência social aos transgênicos.	Substituição de produtos ou funções por novos produtos (químicos e materiais); Provavelmente, aumento da pressão sobre recursos e terra.

Fonte: Adaptado de Vivien *et al.* (2019).

A narrativa da visão biotecnológica tem como principal referência a Organização para a Cooperação e Desenvolvimento Econômico (OCDE), sendo um dos primeiros fóruns globais em propor uma recente definição de bioeconomia, sugerindo-a como “[...] o conjunto agregado de operações econômicas em uma sociedade que utiliza o valor latente incumbente de produtos e processos biológicos para capturar novos benefícios de crescimento e bem-estar para cidadãos e nações” (OCDE, 2006, p. 1). Vargas-Hernandez, Pallagst e Hammer (2018) apontam que nos anos seguintes, após essa primeira definição dessa instituição, essa ideia permanece em relação aos meios de alcançar crescimento e prosperidade.

A OCDE (2009) considera a bioeconomia biotecnológica como uma importante parcela da produção econômica para o mundo, moldada na perspectiva da economia de base biológica do conhecimento (EC, 2005). Székács (2017, p. 157) ressalta a biotecnologia industrial focada “[...] em novas tecnologias baseadas em processos biológicos, organismos naturais ou geneticamente modificados, fermentação, biotecnologia e biologia molecular”, sob constante avaliação de pareceres científicos de segurança. Quanto a Vivien *et al.* (2019), destacam que o uso do termo bioeconomia, desde o relatório da OCDE (2009), continua a atrair decisores quanto à promoção da industrialização biológica pelas políticas públicas.

Vargas-Hernandez, Pallagst e Hammer (2018, p. 22) apontam que pela visão da Comissão Europeia (CE, 2015), em seu pacote político, define-se uma bioeconomia biorrecurso como “[...] a produção de recursos biológicos renováveis e a conversão desses recursos e fluxos de resíduos em produtos de valor agregado, como alimentos, rações, produtos de base biológica e bioenergia”. Essa bioeconomia de base de conhecimento heterogênea tem o apoio de grandes *lobbies* e abrange um vasto conjunto de setores industriais; por ser considerada a mais pragmática dessas três bioeconomias, pode inclusive incorporá-las, pois é apontada como discurso bioeconômico dominante (Vivien *et al.*, 2019).

Destarte, na busca de novas formas de crescimento para reparar a saturação dos seus mercados tradicionais a base de recursos fósseis, a bioeconomia baseada no conhecimento “orientada para a biomassa” abarcou uma transição economicamente viável da biomassa pela biorrefinaria (Vivien *et al.*, 2019).

Vivien *et al.* (2019, p. 13) defendem que as trajetórias tecnológicas na industrialização em biorrefinarias poderão “[...] conduzir à formação de um novo regime sociotécnico impulsionado pela dupla restrição da sustentabilidade econômica e ambiental na utilização de recursos renováveis”. Contudo, esses autores ressaltam incertezas de que esta complexa transição bioeconômica seja ecologicamente sustentável, visto que a sua visão de desenvolvimento consiste em uma perspectiva multinível.

Um dos marcos históricos referentes a essa atual bioeconomia é destacado por Vargas-Hernandez, Pallagst e Hammer (2018), ao anunciar que no início do século XXI, nos anos 2012, o Programa das Nações Unidas para o Meio Ambiente (PNUMA), na Cúpula Rio+20 pela Agenda da Bioeconomia, criou a economia verde com ênfase em três premissas: baixa emissão de carbono, eficiência no uso de recursos e inclusão social. Esses autores alegam que ao incorporar a bioenergia de recursos naturais renováveis e produtos biológicos sustentáveis, o setor de bioeconomia tornou-se uma garantia para a economia verde.

Hall e Zacune (2012) reforçam que a Agenda da Bioeconomia foi impulsionada por grandes corporações e países desenvolvidos ligados à economia verde e a bioeconomia baseada no conhecimento. Pela economia *mainstream*, anunciada em contexto neoliberal, a Agenda “Rumo a uma economia verde”, concebeu-se a estratégia bioeconômica vinculada ao desenvolvimento sustentável e ao crescimento econômico (EC, 2012), com intuito de superar os combustíveis fósseis (Hall; Zacune, 2012).

Contudo, Vargas-Hernandez, Pallagst e Hammer (2018) refletem que, apesar da economia de mercado tentar moderar valores naturais, sociais e morais, por ora ela não consegue regular a natureza. Esses autores constatam que o Relatório do Clube de Roma (Club de Rome, 1972) já precavia os limites do crescimento econômico. Do mesmo modo, o Relatório de Brundtland “Nosso futuro comum” (Brundtland, 1987) anunciava as ameaças aos mecanismos de controle a natureza, trazendo para o discurso público a demanda do desenvolvimento sustentável em manter o equilíbrio entre a economia, natureza e biosfera.

Paralelo a essas duas visões dominantes, Vivien *et al.* (2019), ao referenciar a bioeconomia ecológica, afirmam ser o termo original desenvolvido por Georgescu-Roegen. Nicholas Georgescu-Roegen (1906-1994), matemático e economista romeno, é reconhecido como precursor da economia ecológica (Carpintero, 2005).

Vargas-Hernandez, Pallagst e Hammer (2018) confirmam que este termo foi cunhado por Georgescu-Roegen a fim de explicar a origem biológica do processo econômico e destacar a problemática relação humanidade e natureza. Neste sentido, Gómez-Rodríguez *et al.* (2017) destacam que Georgescu-Roegen questiona criticamente a teoria econômica neoclássica e seu objetivo de maximização de recursos, e seus conceitos bases como escassez, espécie-indústria e evolução-progresso.

Nos anos 1960 e 1970, ao formular uma teoria econômica alternativa: a bioeconomia, Georgescu-Roegen (1975) comprovou a consumação de sistemas fechados nos sistemas econômicos através das trocas de energia somente com seu ambiente, sujeitando-se a termodinâmica, resultando rejeitos de alta entropia. Para Georgescu-Roegen (2012), é imprescindível que os economistas adotem a Lei da Entropia, o segundo princípio da termodinâmica, pois “[...] está na origem da escassez econômica. Se essa lei não existisse, poderíamos reutilizar à vontade a energia de um pedaço de carvão transformando-o em

calor, esse calor, em trabalho, esse trabalho, novamente em calor.”(Georgescu-Roegen 2012, p. 85).

Outra contribuição de Georgescu-Roegen (2012) foi interpretar a história econômica das civilizações como um processo evolutivo (conectando a Economia à Biologia), visto que o ser humano apesar de possuir dispositivos de captura de energia em seu corpo, denominados endossomáticos (olhos, mãos), desenvolveu órgãos exógenos ou artificiais (carros, celular). Para esse autor, a evolução exossomática inserida na humanidade origina duas irreversíveis transformações: o conflito social humano irreduzível e a dependência humana a esses bens exossomáticos, através da comercialização e dos processos produtivos. Para Georgescu-Roegen (2012), o uso dos órgãos exossomáticos representam uma violação dos limites biológicos, por serem produzidos por elementos finitos do planeta (estoque) e não pelo fluxo solar.

Já Cechin e Veiga (2010) ressaltam que Georgescu-Roegen, como discípulo do economista Joseph Schumpeter (1883-1950), considerou o processo econômico e a evolução biológica irreversíveis, sendo o motor dessa evolução as inovações radicais. Desse modo, a visão dele, e a do seu mestre, “[...] era de que as inovações não são sucessivas pequenas mudanças, quase imperceptíveis, mas saltos que levam a emergência de uma nova entidade.” (Cechin; Veiga, 2010, p. 450). Diante da ideia de saltos de revolução por uma emergência complexa e integrada, Cante-Maldonado (2018) aponta que o processo de destruição criativa de Schumpeter poderia ser replanejado à luz da economia ecológica.

Gómez-Rodríguez *et al.* (2017) confirmam que Georgescu-Roegen e Kenneth Boulding interpretaram o sistema econômico como um subsistema do sistema da biosfera, visto que a percepção teórica dos processos de produção e consumo e seus limites não devem ultrapassar as leis de funcionamento da biosfera (Carpintero, 2005). A partir dos postulados de Georgescu-Roegen (2012), especialmente o seu programa bioeconômico mínimo, fortaleceu-se o debate sobre biodesenvolvimento. Conforme Rojas, Gomez e Barbosa (2016), pretende-se com o biodesenvolvimento relacioná-lo diretamente com a vida existente no planeta, desconsiderando a economia antrópica.

Diante dessas abordagens bioeconômicas, Bugge, Hansen e Klitkou (2016) e Vivien *et al.* (2019), ao analisarem suas visões e tipos da economia de base biológica, coadunam com a perspectiva da bioecologia como um paradigma epistemológico mais vinculado a um desenvolvimento sustentável que podem superar as deficiências da economia clássica. Na mesma perspectiva, Vargas-Hernandez, Pallagst e Hammer (2018) indicam a bioeconomia como economia ecológica por reconciliar a economia e a ecologia, pela qual busca a eficiência econômica cuida dos recursos naturais essenciais para a humanidade, e exige uma mudança nos valores do uso dos recursos e energias disponíveis a fim de serem conservados para as gerações futuras.

Maldonado (2012) confirma que a bioeconomia ou economia ecológica trata da economia da natureza, a economia da vida, em que o acaso é essencial, fundamentada em

aportes mais realistas como as da Termodinâmica do não-equilíbrio e da “Teoria do Caos”<sup>3</sup> de Prigogine. Nessa direção, na busca de convergir uma dialética lógica entre a ciência e a natureza, Prigogine (1997, p. 12-13) compreende que:

Estamos testemunhando o nascimento de uma ciência que não se limita mais a situações simplificadas e idealizadas, mas sim diante da complexidade do mundo real, instala uma ciência que permite que a criatividade humana seja experimentada como expressão singular de um traço fundamental comum a todos os níveis da natureza.

Caro-Ramírez (2021) corrobora com esse pensamento afirmando que as ciências da complexidade aparecem como uma proposta de mudança de paradigma para responder aos diferentes problemas relacionados com a ciência econômica e, por isso, os conhecimentos das pessoas devem ser realocados em uma nova economia. Ademais, o autor destaca que os problemas de natureza ambiental, de condições de vida e os econômicos devem ser a base prioritária do paradigma representado pelo desenvolvimento sustentável.

Ao contribuir com o significado da bioeconomia, o Paradigma da Complexidade defendido por Morin (2005) pode superar a visão linear pela visão hologramática, em que a economia é colocada a serviço da vida e não ao contrário, sendo que o princípio hologramático refere-se ao fato de que não só a parte está no todo, mas o todo está na parte.

Maldonado (2014), Carpintero (2005) e Martinez-Alier (1997) defendem que ao consolidar a economia ecológica ou bioeconomia fortalece-se a ecologia política, que tem como cerne os seres vivos e, portanto, exigindo uma mudança no atual modelo econômico e político.

Ademais, Caro-Ramírez (2021) aponta como vantagem das ciências da complexidade dispor de um arsenal instrumental para resolver sistemas complexos. Ao relacionar bioeconomia com a educação, Mohammadian (2003, p. 56) estabelece uma revolução educativa por um processo educativo holístico denominado “[...] Processo Educativo Bioeconômico que resulta da síntese da Biologia, da Educação e da Cognição e que desfaz a racionalidade científica reducionista e promove uma nova baseada no holismo e na interdisciplinaridade”.

Ao refletir em seus aportes, Maldonado (2014, p. 82) constata: “[...] a economia que aprende com o tempo e a história chama-se bioeconomia. Só o tempo deve ser entendido no sentido de longa duração”. Desse modo, tanto a economia ecológica como a ecologia política conseguem demonstrar “[...] que o tempo é introduzido pela natureza e não pelos seres humanos; ou pelo menos não o ser humano que viveu e pensou exclusivamente à maneira da civilização ocidental” (Maldonado, 2014, p. 83), e de maneira nenhuma pelo sistema que prevalece a produção e comercialização, defende o autor.

3. Prigogine (2002, p. 8) afirma que “Ao longo das últimas décadas, um conceito novo tem conhecido êxito cada vez maior: a noção de instabilidade dinâmica associada ao ‘caos’. Este último sugere desordem, imprevisibilidade, mas veremos que não é assim. É possível [...] incluir o caos nas leis da natureza, mas contanto que generalizemos essa noção para nela incluímos as noções de probabilidade e de irreversibilidade”. Cf em: PRIGOGINE, I. **As leis do caos**. SP: Editora Unesp, 2002.

## 3.2. Críticas, estratégias e políticas bioeconômicas

Maldonado (2014) destaca quatro modelos básicos de desenvolvimento econômico com base no crescimento: economia clássica; economia neoclássica, economia de escalas e desenvolvimento sustentável. Apesar de possuírem distintas aplicações, há um aspecto da corrente *mainstream* em comum entre eles: “[...] determinam o regime de produção, de mercado e de vida que caracteriza genericamente o ocidente, ou o sistema capitalista” (Maldonado, 2014, p. 76). Assim, o autor os considera modelos antropocêntricos, posto que o ser humano ocupa lugar predominante na economia da natureza e na própria natureza, a ser dominada e explorada.

Neste cenário, Asara *et al.* (2015, p. 123) corroboram que enquanto a ciência econômica for construída no paradigma mecanicista desses modelos, “[...] é improvável que a ciência da sustentabilidade informe de forma significativa a transformação socioecológica necessária para enfrentar a crise ambiental global”. Para Fuertes-Grábalos, Plou-Lafuente e Gómez-Bahilo (2017), ao centrar na lógica financeira do mercado, na abstração da realidade e com mecanismos orientados na fixação de preços e na alocação de recursos, a relação da economia com o ambiente e a sociedade, para essa ciência econômica, será como influências classificadas de externalidades, distanciando-se de abordagens como a do biocrescimento.

Cechin (2018) ressalta dois graves erros da economia convencional acerca da questão ambiental: desconsiderar o processo produtivo, o inevitável fluxo de resíduos, e defender a substituição ilimitada dos fatores de produção. Maldonado (2012, p. 78) aponta que esse vigente modelo econômico “[...] é estrutural e sistematicamente entrópico”. Na continuação desses modelos funcionais, Maldonado (2014) alerta sobre o risco da humanidade desaparecer no planeta, sugerindo consolidar urgentes alternativas econômicas.

Caro-Ramirez (2021, p. 44) ressalta que “O objetivo do sistema é o crescimento econômico, mas ao integrar os fenômenos novos e em mudança da atividade econômica, apela à bioeconomia ou economia ecológica”. À propósito, Vargas-Hernandez, Pallagst e Hammer (2018) enfatizam que o modelo de desenvolvimento sustentável da bioeconomia deve-se endossar mais na qualidade do que em quantidade, contrapondo-se ao modelo de desenvolvimento econômico neoclássico (do mercado).

Contudo, esses autores apontam que esta referência sustentável de bioeconomia permanece em investigação devido a esse modelo ainda interpretar os recursos naturais como bens infinitos, impulsionando uma superexploração em terras agrícolas e o meio ambiente, uma vez que são impactados pelos seus métodos de produção e insumos massivos. Vargas-Hernandez, Pallagst e Hammer (2018) afirmam que na medida que há uma alta exposição de estratégias da bioeconomia como políticas de melhoria da qualidade

dos combustíveis e de energias renováveis, são criticamente questionadas por não cumprir seus compromissos, afetando um provável desenvolvimento sustentável baseado na bioeconomia.

Nesta direção, Mejias (2019) anuncia que existem vários projetos que realizam bioeconomias conforme suas áreas de competências, mas nem sempre estão comprometidos com o real intuito de bioeconomia, e sim como *marketing* estratégico. Mohammadian (2008) comprova ao destacar alguns pressupostos da Bioeconomia Institucional, como incentivar a inovação a fim de construir uma boa reputação e validar uma conjectura. Para tanto, esse autor compreende ser necessário a promoção de uma educação holística e interdisciplinar que atenda as condições apropriadas realmente para uma implementação bioeconômica.

Em um exercício crítico e reflexivo acerca da economia política, nessa perspectiva Caro-Ramirez (2021, p. 45) destaca que as relações de produção e exploração com a bioeconomia estão evoluindo “[...] pela biopolítica e biodireito em uma economia internacional, pelas quais surgem vantagens comparativas e economias de escala que favorecem os países industrializados”. Assim, o autor evidencia que apesar de ampliarem uma visão das condições de vida, sobressairá o ambiente econômico que sustenta os atuais paradigmas econômicos e sociais. Assim, Caro-Ramirez, 2021, p. 45) entende que:

A partir daí a biopolítica direciona a bioeconomia e a biodiplomacia, [...]. A reflexão centra-se no fato das relações serem basicamente motivados pelos lucros do comércio e não pela ajuda e cooperação, esta última relacionada e essencial para o biodesenvolvimento. Continuamos numa economia internacional onde a crescente globalização expande a sua dependência da biotecnologia e do avanço do conhecimento. O objetivo da rentabilidade prevalece, como parte dos sistemas e subsistemas sociais, onde atividade econômica, Estado e sustentabilidade interagem reforçando-se mutuamente. Da mesma forma, persistem deficiências éticas, tema que abordei nos termos das ciências da complexidade ou ciências da vida.

Diante desse cenário, Caro-Ramirez (2021) constata que para uma mudança efetiva é imperativo debater as bases paradigmáticas do sistema atual, fortalecendo as condições axiológicas e a bioética a fim de evitar ou diminuir os conflitos de interesses. Contudo, Birch (2006) confirma um esquema político a partir do neoliberalismo como fundamento filosófico para uma visão bioeconômica dominante. Este autor aponta que a bioeconomia pela economia baseada no conhecimento permea-se na narrativa neoliberal de crescimento econômico, competitividade e inovação.

Pavone e Goven (2017) corroboram ao apontar que esse paradigma como uma nova forma de capitalismo, apresentando uma bioeconomia como inovação biotecnológica, que pretende combater situações globais como mudanças climáticas, fome e escassez de recurso, na prática representa um projeto político reprodutivo das desigualdades sociais baseado na pesquisa, conhecimento e comercialização do “bio”. Assim, Ahmed (2018, p. 143) aponta uma mudança de foco “[...] dos problemas das causas sociais para as soluções tecnológicas”.

Ademais, Vargas-Hernandez, Pallagst e Hammer (2018) constatam que as estratégias para alcançar o desenvolvimento dessa bioeconomia, em condições sistemáticas e de ações políticas, são construídas por meio de criação de negócios de bioeconomia baseados em competências para alcançar o crescimento econômico e bem-estar. Esses autores apontam que ao concentrar-se na inovação de novos bioprodutos industriais e biotecnológicos priorizam as relações entre empresas, comunidades, instituições de pesquisa e governos a fim de otimizar o uso de biomassa e financiar atividades de base biológica.

Desse modo, Pavone, Goven e Guarino (2011) confirmam o apoio das instituições governamentais com recursos e mobilização para a biotecnologia como um sistema de tributação e subsídios para estimular o interesse das corporações e da comunidade científica. Pavone e Goven (2017), endossados nas análises críticas da bioeconomia, evidenciam a expansão de espaços privados do capital e a restrição dos direitos de cidadania pelo fomento da inovação tecnológica e da geração de valor sobre o biológico e o humano.

Nesse contexto das tecnologias e inovações pela visão neoliberal, Gómez-Rodríguez (2017, p. 5) destaca que “A Bioeconomia não se trata mais de explorar os produtos da natureza, mas de reconfigurá-los, manipulá-los geneticamente e possuí-los para integrá-los ao ciclo de produção e comercialização do mercado capitalista”. A exemplo, Pavone, Goven e Guarino (2011, p. 14) revelam que “A reconfiguração tecnológica da Bioeconomia está convertendo animais de laboratório em animais-laboratório”. Posto isto, Gómez-Rodríguez (2017, p. 8) defende o incentivo a busca de “[...] identificar e premiar a boa ciência, penalizando conhecimento inútil ou prejudicial”.

Sob tal perspectiva, Naredo (1996) indica que a ciência econômica ocasionou o reducionismo na gestão de recursos a uma única dimensão monetária; visto que seu cálculo econômico, tendenciosamente, considera apenas o custo de obtenção dos bens e não o custo de restauração dos recursos naturais durante todo o processo. Nessa direção, Aldana e Naranjo (2019) denunciam a forma estratégica da guerra em moldar o modo bioeconômico de poder sobre a vida, sobretudo, através de seus megaprojetos extrativistas engendrando novos territórios para o livre comércio e privatizações.

Aldana e Naranjo (2019) compreendem que ao consolidar a aplicação do livre comércio pelo neoliberalismo, firma-se como um sistema que tenta dominar não somente as formas de vida humana, mas a várias espécies naturais com intuito de invadir com o intuito de obter um “biopoder”<sup>4</sup>, segundo Foucault (2006). Assim, os autores revelam uma gestão bioeconômica configurada pelo biopoder neoliberal, abrangendo três grandes níveis.

No primeiro nível, o da organização dos territórios e da implementação de políticas populacionais, sendo que a matriz territorial do neoliberalismo, além de produzir novas

---

4. Biopoder é uma estratégia de gerir a vida das pessoas por meio de dois eixos principais: da disciplina e da biopolítica; colocada em prática no ocidente a partir do século XVII. Cf em: FOUCAULT, M. **Seguridad, Territorio y Población**. México: Fondo de Cultura Económica, 2006.

formas de produção, interfere nas formas específicas de territorialidade, no modo de vida social e nos bens comuns.

No segundo nível, Aldana e Naranjo (2019) referem-se a expansão da gestão econômica humana diante da biosfera, considerada esta um complexo ecossistema das relações naturais da vida. Para esses autores, a bioeconomia dominante segue um plano de imposição da lógica da valorização econômica sobre os fluxos naturais. Os autores anunciam como resultado a apropriação de bens comuns naturais nestes territórios, como um estoque disponível para a acumulação capitalista, de uso intensivo e predatório, conforme uma equação custo-benefício. Nesse cenário, Passet (1996, p. 30) debruça-se neste fato da vida:

[...] enquanto a natureza obedece a uma lógica de interdependência e circularidade (os grandes ciclos biogeoquímicos, fotossíntese em virtude da qual os resíduos de vida são ao mesmo tempo fontes de vida), a decisão econômica baseia-se numa simples relação causal linear, que compara as relações de uma despesa [...] com um resultado [...]. Nos ritmos naturais, cujo desenvolvimento e sincronização abrangem milhares (por vezes milhões) de anos, a gestão econômica introduz a ruptura das maximizações de curto prazo [...].

No terceiro nível, aborda-se o plano de segurança das populações. Aldana e Naranjo (2019) apontam uma conexão do mercado com os massivos exercícios políticos que propagam estados de exceção como a guerra, a fim de substituir princípios constitucionais pela implementação de regimes arbitrários e violentos. Na concepção desses autores, a naturalização da razão bioeconômica manifesta-se sempre num estado de guerra, tornando os conflitos em espaços de intersecção entre a guerra e o mercado, entre a razão “biopolítica”, incorporada na “segurança”, e na razão “bioeconômica”. Aldana e Naranjo (2019, p. 342) analisam que, embora ocorra:

[...] uma profunda reengenharia do Estado por parte do modelo neoliberal, [...] propõe que as necessidades vitais da população são resolvidas com critérios de mercado, [...] isto trouxe consequências dolorosas a qualidade de vida da maioria, [...] mas, igualmente, levou ao surgimento de espaços comuns que levam a uma reestruturação do público e a experimentações para a produção dos territórios do comum, da produção de bens comuns, como modos concretos de resistência à bioeconomia neoliberal. Desta forma, emerge um amplo campo de assuntos públicos e direitos não estatais autogeridos pelas comunidades.

Nesse caminho, Gudynas (2010) defende que todas as atividades transformadoras e produtivas do ser humano e de suas sociedades são partes integrantes do sistema da natureza. Posto isto, Georgescu-Roegen (2003) compreende que a atividade econômica humana, de forma permanente, não pode perturbar ou contrapor-se aos fundamentos, os processos e a própria existência da natureza; visto que não é possível propor que o crescimento da sociedade humana ocorra mediante a destruição sistemática da natureza. Fuertes-Grábalos, Plou-Lafuente e Gómez-Bahilo (2017, p. 45) confirmam que essas observações permitem aproximar-se do conceito de bio-crescimento, ao entender que:

[...] crescer no mesmo ritmo que a natureza progride, dentro dos limites impostos por sua frágil e ao mesmo tempo vigorosa capacidade de renovação e multiplicação, o que na prática implica apostar em um tipo de crescimento que maximize o aumento da biomassa e da biodiversidade e geração de resíduos mínimos, ou talvez nulos, ao mesmo tempo em que busquemos rendimentos econômicos aceitáveis. A atividade econômica humana deixaria de buscar o único objetivo de maximizar os retornos econômicos e se tornaria uma maximização de vários critérios, que também busca, [...] aumentar a riqueza natural do planeta, [...] o progresso social e o enriquecimento democrático de nossas sociedades, [...], um aspecto inerente a todo verdadeiro progresso humano.

Desse modo, Vargas-Hernandez, Pallagst e Hammer (2018) questionam quais são os benefícios que uma bioeconomia sustentável possui comparada à economia neoclássica? À princípio, os autores cogitam como plano estratégico, base de bioeconomia, estruturar as potenciais diretrizes futuras a fim de atender às necessidades sociais e econômicas, e formular agendas políticas; apesar de que uma estratégia de transição deva enfrentar incertezas significativas como padrões de consumo e mudanças climáticas.

Contudo, Bugge, Hansen e Klitkou (2016) e Vivien *et al.* (2019) apontam que por centrar-se, atualmente, nas visões biotecnológica e biorrecurso, as pesquisas de bioeconomia tendem a priorizar por soluções industriais que otimizem os usos da biomassa. Em vista disso, Ahmed (2018) anuncia que o principal problema do desenvolvimento da bioeconomia são os danos ambientais causados pelas próprias atividades bioeconômicas e, por isso, defende que: “[...] para que a bioeconomia se concretize e posto em prática, deverá ter uma estrutura reguladora bem desenvolvida e aceitável como uma plataforma para a bioeconomia funcionar e superar todos os problemas associados aos seus produtos em todo o mundo” (Ahmed, 2018, p. 153).

Wohlfahrt *et al.* (2019) reafirmam o desafio científico do desenvolvimento de uma bioeconomia quanto a fornecer alimentos às sociedades e preservar os recursos naturais, visto que há poucos estudos para avaliar a sua sustentabilidade em relação aos impactos da produção de matéria-prima de biomassa sobre os recursos naturais. Na visão desses autores, há poucas referências científicas que tratem com rigor o conceito de bioeconomia “[...] como um sistema complexo e multiescala totalmente integrado” (Wohlfahrt *et al.*, 2019, p. 5), visto que a interação de inovações com estes sistemas complexos bioeconômicos podem ser essencial para os territórios rurais, apontam estes autores.

Assim, Vargas-Hernandez, Pallagst e Hammer (2018) destacam como estratégia de bioeconomia a inclusão de mais atividades ecológicas e técnicas, integrando gradualmente práticas ecológicas de pequena escala como alternativa à expansão da produção de biomassa e aos combustíveis fósseis. À propósito, esses autores reforçam mais elementos da agroecologia devido a limitações na agenda da bioeconomia apontadas por analistas. Martinez-Alier (1997) ressalta que a agroecologia surgiu de um movimento

sociopolítico, sendo que se houvesse preços ecologicamente corrigidos essa prática seria um processo político e não um liderado pelo mercado, além de ser considerada um repositório da biodiversidade *in situ*.

Em outra direção, Vargas-Hernandez, Pallagst e Hammer (2018) evidenciaram a expansão de estratégias bioeconômicas pelas soluções agroindustriais a fim de incluir novas formas de agregar valor e conhecimento agrícolas, incluindo inovação social e comunitária aos recursos biológicos. Contudo, Horlings e Marsden (2011, p. 160) alertam que “A tendência de uso de matérias primas de origem vegetal na produção industrial pode ter impactos sociais e ambientais complexos”. Acerca disso, Anex (2004) ressalta que o avanço da agricultura a base de biocombustíveis poderá conflitar com a futura ampliação da produção de alimentos, prevendo sérias perturbações ambientais na qualidade da água e do ar.

Diante desses impasses bioeconômicos, Issa, Delbruck e Hamm (2019) destacam ser essencial uma proximidade com os ODS da Agenda 2030 (ONU, 2015), uma vez que a bioeconomia e suas inovações de base biológica podem ser vitais para alcançar esses Objetivos, a destacar quatro deles: ODS 7 (energia limpa e acessível); ODS 9 (indústria, inovação e infraestrutura); ODS 12 (consumo e produção responsáveis) e ODS 13 (ação climática). Para tanto, os autores enfatizam a realização de medidas tangíveis de bioeconomia sustentável a fim de serem rastreadas e documentadas em níveis local, regional e internacional, como cumprimento das metas de desenvolvimento sustentável da ONU. Ademais, os autores elencam aspectos como:

[...] questionar e examinar a sustentabilidade das inovações bioeconômicas e determinar se elas, sem dúvida, incorporam um passo na direção certa para alcançar uma bioeconomia circular. Se os ciclos se completam para atingir a meta abrangente de um “desperdício zero” ecológico e ecociclos sustentáveis de “emissão zero” [...]. Os ODS da ONU devem, portanto, ser considerados uma prioridade e a base para qualquer inovação bioeconômica em evolução [...]. Na literatura, alguns princípios como o design ecológico [...], princípios da economia ecológica [...], pensamento biomimético, metodologia e ferramentas para adaptar inovações biomiméticas inspiradas pela natureza [...] e projetar culturas regenerativas [...], entre outros, foram explicitamente ou implicitamente destacados para uma transição real para a bioeconomia sustentável (Issa; Delbruck; Hamm, 2019, p. 2).

Contudo, Issa, Delbruck e Hamm (2019) constatarem que um dos desafios da agenda política global comum é consolidar uma bioeconomia eficiente apoiada nos ODS (ONU, 2015), resiliente para as futuras gerações, a fim de impulsioná-las à sustentabilidade, transformação inclusiva e bem-estar. Para isso, os autores recomendam uma mudança na economia e na sociedade, seja no abandono do “*business-as-usual*” como na atitude do consumidor; com mais iniciativas que oportunizem a conscientização, além da meta em convencer formuladores de políticas e pessoas em geral acerca da viabilidade de uma bioeconomia circular de base biológica.

De fato, Issa, Delbruck e Hamm (2019, p. 19) defendem que para o novo paradigma da bioeconomia global redesenhar o vigente modelo econômico e seus níveis de produção e consumo deve sobressair “[...] os poderes dos ecossistemas, nos quais tudo flui em cascata e nada é feito para um único propósito, resultando assim num modelo de negócio ‘sem desperdício’”. Ademais, esses autores apontam os resíduos e emissões zero como metas destemidas para uma bioeconomia sustentável e, para isso, devem promover iniciativas e inovações para essas reduções, como *clusters* industriais inspirados por sistemas naturais.

Com relação a essas inovações, Benyus (2002) considera a biomimética na bioeconomia essencial a visão sistêmica da natureza em lidar com seus problemas, podendo ser determinante para a vida humana compreender ainda os limites da natureza diante das intervenções humanas negativas de suas atividades de produção. Esta autora destaca que o termo biomimética realiza esse processo de imitação de modelos naturais para solucionar, de forma sustentável, problemas humanos. Em consonância, Ellen MacArthur Foundation (2013) reforça que para conter a crise global deve-se ampliar uma economia circular como um movimento descentralizado e coletivo que propõe uma economia restaurativa e regenerativa.

Vargas-Hernandez, Pallagst e Hammer (2018) concordam que a economia circular seja substancial para a estratégia de bioeconomia ao estimular atividades de produção biológica sustentável e coletas de bio-resíduos e de biodegradação. Para os autores, é imprescindível que estes planos econômicos sejam transparentes e que envolvam instituições de negócios, pesquisa e educação, empresas, organizações comunitárias e sociais, cidadãos e instituições governamentais, promovendo diálogo, participação e relações de cooperação entre eles e governos comprometidos com iniciativas bioeconômicas adotadas por políticas públicas.

Neste propósito, Mohammadian (2019, p. 11) defende ser substancial retornar a questão da Ética, especificamente da Ética Bioeconômica, “[...] que considera as ansiedades intergeracionais, sustentabilidade e biodiversidade. [...] se opõe à ética da dominação da economia capitalista, fundada no individualismo, na competição e egoísmo”. Esse autor reforça que a Ética Bioeconômica deve reconduzir a ética em sua posição original: Ética-Economia-Política; visto que desde o advento da Revolução Industrial, ao colocarem em última posição a ética, houveram graves consequências para a humanidade.

À propósito, Barbosa-Pérez, Gómez-Rodríguez e Leuro-Gallego (2017, p. 2) ressaltam ser substancial novas perspectivas para a ciência econômica, pois ponderam que “Com efeito, as grandes mudanças que se desenvolveram no planeta devido a ação do homem desde a era industrial, provocaram crises de ordem política, ambiental e econômica, que o discurso hegemônico da economia não tem conseguido dissipar.”.

Desse modo, Mohammadian (2008) defende analisar o estado do capital social global para a sustentabilidade, expondo as deficiências nesta área. O autor evidencia que

ao abordar a racionalidade bioeconômica indispensável para a Economia da Terceira Via, nota-se nesta estratégia coletiva e inovadora importantes interações entre os indivíduos para uma resposta social, altruísta e cooperativa, sendo necessário estabelecer uma rede de interessados da bioeconomia. Este autor confirma que a Economia da Terceira Via baseia-se em uma estratégia de ajuste de qualidade contra a da Economia Neoclássica.

Mohammadian (2019) ressalta que a Economia da Terceira Via, com base na teoria bioeconômica, está posta entre a Economia clássica e a atual Nova Economia Global. Posto isto, esse autor aponta que uma atividade socioeconômica apoiada na Economia de Terceira Via deve ser reforçada com um Método de Contabilidade Bioeconômica, responsável pelo verdadeiro custo do uso de recursos biológicos, da degradação do meio ambiente e da perda de biodiversidade.

Nessa direção, Székács (2017) recomenda uma minuciosa avaliação global da bioeconomia quanto as mudanças dos recursos naturais e biodiversidade do ecossistema pelas diferentes tecnologias, devendo ainda ser incluídos nesta análise especialistas científicos e ecologistas, assim como a abordagem da bioética e dos aspectos sociais não-econômicos. Barbosa-Pérez, Gómez-Rodríguez e Leuro-Gallego (2017) defendem uma revolução científica na perspectiva de Kuhn<sup>5</sup> na construção de uma Bioeconomia ou Economia Ecológica contrária ao discurso convencional da economia de mercado.

Nesse sentido, Fuertes-Grábalos, Plou-Lafuente e Gómez-Bahilo (2017), ao mencionar uma crítica de Marx ao capital, evidenciam que não se pode destruir a fonte da riqueza, pois esta pode voltar-se contra o próprio capital; não obstante, de forma sistemática, o sistema capitalista ataca a natureza, sendo a última fonte de riqueza. Esses autores defendem que qualquer confronto com a natureza é precisamente um dano para o ser humano. Maldonado (2019) afirma que Georgescu-Roegen, ao assumir uma crítica semelhante devido ter os conhecimentos norteadores da entropia e da ergodicidade, reconheceu o papel da irreversibilidade do tempo. Em vista disso, Maldonado (2019, p. 79) acrescenta que:

O mérito da bioeconomia reside no apelo explícito à reflexão sobre a epistemologia, em relação à crítica da economia clássica e normalizadora e como condição para o desenvolvimento da própria bioeconomia. A epistemologia implica, assim, um exercício de crítica, reflexão e de criação de conceitos e de distanciamento. No caso de Georgescu-Roegen, a razão do trabalho epistemológico é a relação entre o princípio da entropia (na termodinâmica) e o postulado do crescimento econômico. Um tema que ninguém havia estudado antes do autor romeno. Um tema, aliás, que abre largamente as portas da complexidade à economia, e sobre o qual, aliás, Georgescu-Roegen expressamente nada sabia, uma vez que as ciências da complexidade ainda não tinham surgido formalmente. Seja como for, é muito significativo que a bioeconomia surja na obra do autor romeno, assentado num sólido trabalho de reflexão e crítica sobre epistemologia; isto é, em filosofia da ciência, teoria do conhecimento, metodologia e teoria de segunda ordem.

---

5. Crítico de processos cumulativos e lineares, Kuhn considera a evolução da ciência por revoluções científicas, sendo um paradigma substituído por outro conforme tenha um poder de explicação e resolução maior. Cf em: Kuhn, T. **Estrutura de las Revoluciones Científicas**. México: Fondo de Cultura Económica, 1971.

Cechin e Veiga (2010, p. 440) constatarem que as contribuições pioneiras de Georgescu-Roegen traduzem “[...] uma ruptura com o paradigma dominante da economia”. Assim, a incompatibilidade epistemológica com a economia causou um isolamento a Georgescu pela comunidade econômica, visto que a “[...] lei da entropia no raciocínio econômico forçaria a revisões profundas no corpo teórico convencional, a começar pela representação básica do funcionamento da economia.” (Cechin; Veiga, 2010, p. 452). Conforme esses autores, embora as ideias revolucionárias de Georgescu tenham sido banidas, no início desse século XXI, elas tornam-se cabíveis por questões ambientais ou pela compreensão de que eventos complexos não podem ser interpretados por teorias mecanicistas, reducionistas e estáticas.

Cechin (2010) destaca que ao criticar as avaliações que só consideravam a energia e não a matéria no processo econômico, Georgescu-Roegen apresentou uma quarta lei da termodinâmica evidenciando que os resíduos e a matéria dissipada não poderiam ser mais reciclados. Georgescu-Roegen (2003) constatou que a reciclagem e a tecnologia não conseguem reverter esses processos devido a inexistência de reciclagem gratuita, tal como indústria sem resíduos. Cechin (2010, p. 61) corrobora ao indicar que “Com a tecnologia atual, a reciclagem de materiais está muito longe de ser completa.”

Fuertes-Grábalos, Plou-Lafuente e Gómez-Bahilo (2017, p. 50) confirmam que a tecnologia não pode impedir a degradação da matéria, “[...] apenas permitirá produzir a mesma coisa, com menos matéria e energia e, no final, acabará por provocar, pela sua maior eficiência, um maior consumo e utilização total de recursos e maior dissipação de matéria inutilizável”. Cechin (2010, p. 61) ressalta que importantes materiais estão sendo dissipados sem poder ser reutilizados, e aponta que “[...] para reciclar toda a matéria num sistema fechado, seria necessário não apenas energia quase infinita, mas também tempo infinito.”

Embora essa quarta Lei não tenha encontrado um sólido respaldo teórico, a prática de observação desse cientista foi substancial para se refletir e agir sobre esses dilemas da humanidade, visto que “O processo de reabilitação do pensamento científico de Georgescu tem ocorrido principalmente na economia ecológica e na economia fora-do-equilíbrio” (Cechin, 2010, p. 132). Contudo, Cechin e Veiga (2010, p. 449) confirmam que, apesar das últimas décadas, o pensamento de Georgescu-Roegen evoluiu pela visão da Economia Ecológica, sendo que “[...] o aspecto metodológico, principalmente da obra *The Entropy Law and the Economic Process* (1971), tem sido pouco mencionado.”

Em meio a disputas narrativas econômicas, Martinez-Alier (1997, p. 235) enfatiza que Georgescu-Roegen não se identificava como um “[...] ‘economista ambiental e de recursos’, mas sim algo novo, um ‘economista ecológico’ ou, como ele próprio se autodenominava, um ‘bioeconomista’”. Ademais, Martinez-Alier (1997, p. 236) ressalta que este economista conseguiu confrontar a questão da alocação intergeracional, defendendo

que a humanidade deveria “[...] abandonar o princípio da maximização da utilidade e recorrer, em vez disso, ao princípio razoável da minimização de arrependimentos futuros.”.

A exemplo da trajetória crítica de Georgescu-Roegen, Asara *et al.* (2015, p. 124) legitimam ser essencial “[...] os discursos e práxis contra-hegemônicos para repoliticizar o debate sobre em que tipo de sociedade (e sustentabilidade) queremos viver e para abrir caminhos alternativos [...]”. Esses autores constataam que o decrescimento pode renovar as relações entre sustentabilidade, economia e sociedade avançando para uma visão de transformações socioecológicas. May (2018) aponta a economia ecológica como uma corrente de pensamento firmada no meio ambiente e na teoria da práxis, da prática social com o meio natural.

Ao defender a bioeconomia pela perspectiva crítica da economia ecológica e fortalecer uma conduta ética, Mohammadian (2003) destaca que o maior desafio em desenvolver uma atividade socioeconômica humanista é como incorporar, no atual sistema capitalista, os pilares culturais de bioeconomia, os fatores não econômicos da cooperação, confiança, reciprocidade e fraternidade. Nesta direção, Rincón-Ruiz (2023) advoga uma evolução pelos desenvolvimentos da economia decolonial e de outras economias associadas a economia para a vida (bioeconomia), ressignificadas pela economia ecológica e abordagens de Georgescu-Roegen.

Posto isto, Asara *et al.* (2015, p. 124) recomendam “[...] a construção de uma narrativa contra-hegemônica, em alianças com estruturas alternativas emergentes do Sul global, como *Buen Vivir* da América Latina (Gudynas, 2011), *Swaraj* ecológico da Índia (Kothari, 2014) e *Ubuntu* da África do Sul (Metz, 2011)”, além da economia feminista (Nelson, 1995). Para esses autores, trata-se de reforçar a visibilidade aos processos naturais a partir da economia ecológica em oposição a economia dominante de *mainstream* e, portanto, determinante a transição de mentalidades dos decisores políticos e líderes empresariais, governo e sociedade.

#### 4. CONSIDERAÇÕES FINAIS

Considerado como um expoente instrumento de resolução para contornar os grandes problemas no planeta, o atual paradigma da bioeconomia, ao alastrar-se em grande proporção conceitual nas diferentes partes do mundo, é criteriosamente dialogado pela comunidade científica, uma vez que pode tornar-se uma panaceia política e econômica, geradora de desigualdades sociais. Sob outra perspectiva, ao buscar o significado do termo-chave bioeconômico, Vivien *et al.* (2019) apontam que o prefixo grego “bio” é semanticamente rico e aberto a múltiplas representações e interpretações da vida.

De modo geral, os manuscritos científicos globais desta pesquisa bibliográfica trouxeram consistentes avaliações críticas as atuais bioeconomias dominantes, e reportando

como forte sustentabilidade a perspectiva da bioeconomia ecológica relacionada com os aportes de Georgescu-Roegen. Pelas análises das referências teóricas da bioeconomia foram considerados indicadores ideais, como: valores éticos normativos, efetivas políticas, inovação circular e aproximação dos ODS da agenda 2030 da ONU (2015) frente aos desafios do século XXI. Ao abandonar o sistema econômico convencional, moldado pela Revolução Industrial, promove-se uma ruptura conceitual para uma bioeconomia significativa e resiliente, incorporada na relação simbiótica entre a humanidade e a natureza.

Assim, nesse cenário mundial de enfrentamentos a uma crise humanitária e climática, compreende-se cada vez mais a inserção de um olhar mais intrínseco de uma bioeconomia que considera a realidade social e os limites fundamentais da natureza, estabelecendo-se na economia uma estreita interdependência e respeito as leis fundamentais da biosfera. A essência bioeconômica, portanto, deve ter um papel criativo, holístico e transdisciplinar, considerando a vida sob a ótica econômica pelos constantes e paralelos movimentos: a luta contra a entropia e uma crescente evolução da complexidade. Assim, os subsídios preliminares dessa revisão científica, de modo crítico e reflexivo, conseguem impulsionar caminhos estratégicos de inovações bioeconômicas inclusivas, ecológicas e de circularidade aberta.

## REFERÊNCIAS

- AHMED, E. M. Are bio-economy dimensions new stream of the knowledge economy? **World Journal of Science, Technology and Sustainable Development**, Vol. 15, issue: 2, pp.142-155, 2018. Disponível em: <<https://doi.org/10.1108/WJSTSD-06-2017-0014>>. Acesso em: 20 de outubro de 2023.
- ALDANA, U., NARANJO, O., F. Formas de apropiación bioeconómica de los bienes comunes. **Revista nuestraAmérica** [en línea], 7 (Julio-Diciembre): 337-358, 2019. Disponível em: < ISSN 0719-3092>. Acesso em 18 de outubro de 2023.
- ANEX, R. Something new under the sun? The industrial ecology of biobased products. **Journal of Industrial Ecology**, Vol. 7, No. 3-4, p. 1-4, 2004.
- ASARA, V. *et. al.*. Socially sustainable degrowth as a social–ecological transformation: repoliticizing sustainability. **Sustainability Science**. Vol. 10, nº 3, p. 375-384, 2015.
- BARBOSA-PÉREZ, E., M.; GÓMEZ-RODRÍGUEZ, D. T.; LEURO-GALLEGO, J. A. Ecología y bioeconomía. El diálogo de saberes. **Clío América**. enero-junio, Vol. 11, No. 21, p. 108-119, 2017.
- BENYUS, J. M. Biomimicry: innovation inspired by Nature. **Perennial**. New York, 2002.
- BIRCH, K. The neoliberal underpinnings of the bioeconomy: the ideological discourses and practices of economic competitiveness. **Genomics, Society and Policy**, (2),1-15, 2006.
- BUGGE, M.; HANSEN, T.; KLITKOU, A. “What is the bioeconomy? A review of the literature”, **Sustainability**. Vol. 8, issue 7, 2016. Disponível em: <<http://dx.doi.org/10.3390/su8070691>>. Acesso em: 13 de agosto de 2023.

BRASIL. **Relatório divulgado pela Oxfam Brasil**. 2021.

BRUNDTLAND GRO HARLEM. **Our Common Future**, Oxford University Press, 1987.

CANTE-MALDONADO, F. E. Renta negativa y decrecimiento económico. **Revista Apuntes del CENES**, Vol. 37 (65), 53-74, 2018. Disponível em: <<https://doi.org/10.19053/01203053.v37.n65.2018.5910>>. Acesso em: 10 de agosto de 2023.

CAPRA, F. **Conexões Ocultas: Ciência para uma Vida Sustentável**. 4a ed. Trad. Marcelo Brandão Cipolla. São Paulo, SP: Editora Pensamento-Cultrix Ltda, 2005.

CARO-RAMÍREZ, E., E. **Economía, complejidad y vida**. (Colección Complejidad y Salud; Vol. 10), Bogotá: Universidad El Bosque, 2021.

CARPINTERO, O. El desafío de la bioeconomía. **Ecología Política**, (30), p. 41-58, 2005.

CECHIN, A. D. O fundamento central da economia ecológica. In MAY, Peter H. (org). **Economia do meio ambiente: teoria e prática**. 3 ed. Rio de Janeiro: Elsevier, 2018.

CECHIN, A. D. A natureza como limite da economia: a contribuição de Nicholas Georgescu-Roegen. **SENAC**, São Paulo, 2010.

CECHIN, A. D.; VEIGA, J. E. da. A economia ecológica e evolucionária de Georgescu-Roegen. **Revista de Economia Política**, 2010. Disponível em: <<https://doi.org/10.1590/S0101-31572010000300005>>. Acesso em: 18 de agosto de 2023.

COLANDER, D.; HOLT, R.; ROSSER JR., B. The changing face of mainstream economics, **Review of Political Economy**, Reino Unido, n. 16, 2004.

CLUB DE ROME. **Halte à la croissance?** Traduction française Fayard. 1972.

ELLEN MACARTHUR FOUNDATION. Towards the circular economy: economic and business rationale for an accelerated transition. Vol.1, **Ellen MacArthur Foundation**, 2013.

EUROPEAN COMMISSION. **New Perspectives on the Knowledge-Based Bioeconomy**. 2005.

EUROPEAN COMMISSION. **Innovation for Sustainable Growth: A Bio-economy for Europe**. Publication Office of the European Office: Luxembourg, 2012. Disponível em: <<http://ec.europa.eu/research/bio-economy/index.cfm?pg=policy&lib=strategy>>. Acesso em: 18 de novembro de 2023.

EUROPEAN COMMISSION. **What is the Bio-economy**. 2015. Disponível em: <<http://ec.europa.eu/research/bio-economy/index.cfm>>. Acesso em: 18 de novembro de 2023.

FUERTES GRÁBALOS, E., PLOU LAFUENTE, P. Y GÓMEZ BAHILLO, C. **Biocrecimiento: síntesis dialógica entre crecimiento, desarrollo y medioambiente**. *Ambiente y Desarrollo*, 21(40), 43-56, 2017. <https://doi.org/10.11144/Javeriana.ayd21-40.bsdc>. Acesso em: 30 de agosto de 2023.

GEORGESCU-ROEGEN, N. **O descrecimento: entropia, ecologia, economia**.

Apresentação e organização: Jacques Grinevald; Ivo Rens. São Paulo: Editora Senac, 2012.

GEORGESCU-ROEGEN, N. Ineguaglianza, limiti e crescita da un punto di vista bioeconomico. In: GEORGESCU-ROEGEN, N ; BONAIUTI, M (Ed.), **Bioeconomia**. Turín: Bollati Boringhieri, 2003. Disponível em: <[https://base.socioeco.org/docs/nicholas\\_georgescu-roegen\\_-\\_bioeconomia\\_contra-versus.pdf](https://base.socioeco.org/docs/nicholas_georgescu-roegen_-_bioeconomia_contra-versus.pdf)>. Acesso em: 29 de novembro de 2023.

GEORGESCU-ROEGEN, N. Energy and Economic Myths. **Southern Economic Journal**, 1975.

GÓMEZ-RODRÍGUEZ, D. T. *et al.* Divergencias y convergencias de la bioeconomía: revisión de literatura especializada con estudiantes universitarios. **Expresiones - Revista Estudiantil de Investigación**, 4(8), 9-30, 2017.

GUDYNAS, E. Imágenes, ideas y conceptos sobre la naturaleza en América Latina. Montenegro, E (Ed.), **Cultura y naturaleza** (pp. 267-292). Bogotá: Jardín Botánico J. C. Mutis, 2010.

HALL, R., ZACUNE, J. **Bio-economies: The EU's real 'Green Economy' agenda?** World Development Movement and the Transnational Institute, 2012.

HARARI, Y., N. **21 lições para o século 21**. São Paulo. Editora Companhia das Letras, 2018.

HORLINGS, I., MARSDEN, T. Rumo ao desenvolvimento espacial sustentável? Explorando as implicações da nova bioeconomia no setor agroalimentar e na inovação regional. **Sociologias**, v.13, n.27, p.142-178, 2011. Disponível em: <DOI:10.1590/S1517-45222011000200007>. Acesso em: 10 de maio de 2023.

ISSA, I.; DELBRUCK, S.; HAMM, U. Bioeconomia a partir das perspectivas de especialistas - Resultados de uma pesquisa global de especialistas. **PLoS ONE** 14(5), 2019. Disponível em: <<https://doi.org/10.1371/journal.pone.0215917>>. Acesso em: 10 de maio de 2023.

KNOWLER, D. A. Review of selected bio-economic models with environmental influences in fisheries, **J Bioecon**, 4(2), 163-181, 2002.

MALDONADO, C. E. Bidesarrollo y complejidad. Propuesta de un modelo teórico. En M. Eschenhaguen, **Un viaje por las alternativas al desarrollo: perspectivas y propuestas teóricas**. Bogotá: Universidad del Rosario, 2014.

MALDONADO, C. E. Bioeconomía-economía ecológica. **Suplemento de Economía Cooperativa y Solidaria**, v. 5, p. 16-18, 2012. Disponível em: <<http://www.carlosmaldonado.org/articulos/suplementosolidario5.pdf>>. Acesso em: 10 de abril de 2023.

MARTINEZ-ALIER, J. Some issues in agrarian and ecological economics, in memory of Georgescu-Roegen. **Ecological Economics**, 22(3), p. 225-238, 1997.

MAY, P. H. **Economia do meio ambiente: teoria e prática**. 3 ed. Rio de Janeiro: Elsevier, 2018.

MEJIAS, R. G. Bioeconomia e suas aplicações. **ÍANDÉ : Ciências e Humanidades**, v. 2, n. 3, p. 105–121, 2019. DOI: 10.36942/iande.v2i3.87. Disponível em: <<https://periodicos.ufabc.edu.br/index.php/iande/article/view/87>>. Acesso em: 11 novembro de 2023.

MOHAMMADIAN, M. **Bioeconomics: Biological Economics**. Interdisciplinary Study of Biology, Economics and Education. Entrelíneas Editores: Madrid, 2000.

MOHAMMADIAN, M. What is Bioeconomics: Biological Economics. **Journal of Interdisciplinary Economics**. Volume 14, n. 4, p. 319-337. Guest Editor: Special Issue Dedicated to Bioeconomics, 2003.

MOHAMMADIAN, M. **La bioeconomía**: economía del tercer camino, entre la antigua economía y la nueva economía global. Madrid, ES: Editorial Edición Personal Madrid, 2008.

MOHAMMADIAN, M. Economía del tercer camino: de la teoría de la bioeconomía a la práctica. **Encuentros Multidisciplinares**. nº 62, Mayo-Agosto, 2019.

MORIN, E. **Introdução ao pensamento complexo**. Porto Alegre: Sulina, 2005.

MUELLER, C. C. **Os economistas e as relações entre o sistema econômico e o meio ambiente**. Brasília: Editora UnB, 2012.

NAREDO, J. M. **La economía en evolución**: historia y perspectivas de las categorías

básicas del pensamiento económico. 2. ed. Madrid: Siglo XXI, 1996.

NELSON, J. A. Feminism and economics. **Journal of Economic Perspectives**, v. 9,

n. 2, p. 131-148, 1995.

OCDE. **The bioeconomy to 2030**: Designing a policy agenda. OCDE, 2006. Disponível em: <<https://www.oecd.org/sti/emerging-tech/34823102.pdf>>. Acesso em: 15 de novembro de 2023.

OCDE. **The Bio-economy to 2030**: Designing a Policy Agenda. OCDE, 2009. Disponível em: <<http://www.oecd.org/futures/bio-economy/2030>>. Acesso em: 14 de novembro de 2023.

OXFAM BRASIL. **O vírus da desigualdade**. 2021. Disponível em: <<https://materiais.oxfam.org.br/o-virus-da-desigualdade>>. Acesso em: 20 de novembro de 2023.

PASSET, R. **Principios de Bioeconomía**. España: Visor Libros, 1996.

PAVONE, V., GOVEN, J.; GUARINO, R. From risk assessment to in-context trajectory evaluation – GMOs and their social implications, **Environmental Sciences Europe**, Vol. 23 No. 3, pp. 1-13, 2011.

PAVONE, V; GOVEN, J. Bioeconomies: Life, Technology and Capital in the 21st Century. Cham: Palgrave Mcmillan. **Revista Iberoamericana de Ciencia, Tecnologia y Sociedad**, 2017.

PRIGOGINE, Y. **O Fim das Certezas**. Madri: Taurus, 1997.

RINCÓN-RUIZ, A. **Bioeconomía**: Miradas múltiples, reflexiones y retos para un país em crisis estructural. Un libro sobre economías diversas, y economías “otras” para la vida. Centro Editorial – Facultad de Ciencias Económicas. Universidad Nacional de Colombia, 2023.

ROJAS, W.; GOMEZ, D.; BARBOSA, E. El Bidesarrollo como ruptura de la categoría desarrollo. **Ciencias Economicas** 13.02, 75-87, 2016.

SHIVA, V. **Monoculturas da Mente**: perspectivas da biodiversidade e da biotecnologia. São Paulo: Gaia, 2003.

SOEDIGDO, D.; HARYSAKTI, A.; USOP, T. B. The elements driving local wisdom on the architecture Nusantara. **J Perfect Archit** 9 (1): 37-47, 2014.

SZÉKÁCS, A. Environmental and Ecological Aspects in the Overall Assessment of Bioeconomy. **Journal of Agricultural and Environmental Ethics**. 30(1), 153-170, 2017.

VARGAS-HERNANDEZ, J. G.; PALLAGST, K.; HAMMER, P. Bio-economy at the crossroads of sustainable development. **Revista Internacional Interdisciplinar INTERthesis**, Florianópolis, v.15, n.2, p. 20-37 Set.-Dez, 2018.

VIVIEN, F. D et al. The Hijacking of the Bioeconomy. **Ecological Economics**, 159: 189-197, 2019. Disponível em: <[bit.ly/3RuZeco](https://bit.ly/3RuZeco)>. Acesso em 20 de outubro de 2023.

WOHLFAHRT, J. *et. al.* Characteristics of bioeconomy systems and sustainability issues at the territorial scale. A review. **J. Clean. Prod.**, 232, pp. 898-909, 2019. Disponível em: <<https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2019.05.385>>. Acesso em: 18 de novembro de 2023.

# FITOTERÁPICOS AMAZÔNICOS – UMA ALTERNATIVA NO COMBATE À DOENÇA CÁRIE

*Data de aceite: 02/10/2024*

### **Daniela Vieira de Castro Macambira**

Universidade Federal do Oeste do Pará  
(UFOPA)  
Santarém–Pará

CV: <http://lattes.cnpq.br/1998873457645840>

ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-1146-564X>

### **Waldiney Pires de Moraes**

Universidade Federal do Oeste do Pará  
(UFOPA)  
Santarém–Pará

CV: <http://lattes.cnpq.br/5222632994807027>

ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-8524-3009>

### **Lauro Euclides Soares Barata**

Universidade Federal do Oeste do Pará  
(UFOPA)  
Santarém–Pará

CV: <http://lattes.cnpq.br/1609747051706094>

ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-0909-769X>

**RESUMO:** Cerca de 2,4 bilhões de pessoas são acometidas por cárie dentária, o que representa 1/3 da população mundial. Considerada, portanto, uma doença bucal de alta prevalência, a sua etiologia está relacionada a presença de um hospedeiro suscetível, um biofilme microbiano e

dieta cariogênica. Dentre os métodos de prevenção da cárie, o método mecânico que consiste na correta higienização através de escovação e uso do fio dental, é o método mais eficaz na remoção do biofilme dental. Porém, esse método sozinho pode não ser totalmente eficaz, pois depende da habilidade e destreza manual dos indivíduos. Dessa forma, existem evidências científicas de que os enxaguatórios bucais, que são considerados métodos químicos, desempenham papel chave e de valor significativo como coadjuvantes dos métodos mecânicos para prevenção e tratamento das doenças bucais. No tocante à saúde bucal a fitoterapia ainda é negligenciada. Entretanto, os produtos de higiene oral com ativos de origem vegetal tem sido sendo cada vez mais estudados com protocolos mais modernos para comprovar a eficácia da utilização de determinadas plantas no tratamento das doenças bucais com benefícios à população, justificando a importância deste estudo.

**PALAVRAS-CHAVE:** Amazônia, fitoterápicos, cárie.

## AMAZONIAN PHYTOTHERAPEUTICS – AN ALTERNATIVE IN THE FIGHT AGAINST TOOTH CARIES

**ABSTRACT:** Around 2.4 billion people are affected by tooth decay, which represents 1/3 of the world's population. Considered, therefore, a highly prevalent oral disease, its etiology is related to the presence of a susceptible host, a microbial biofilm and a cariogenic diet. Among the methods of preventing cavities, the mechanical method, which consists of correct hygiene through brushing and flossing, is the most effective method for removing dental biofilm. However, this method alone may not be completely effective, as it depends on the ability and manual dexterity of individuals. Therefore, there is scientific evidence that mouthwashes, which are considered chemical methods, play a key role and have significant value as supporting mechanical methods for the prevention and treatment of oral diseases. Regarding oral health, herbal medicine is still neglected. However, oral hygiene products with active ingredients of plant origin have been increasingly studied with more modern protocols to prove the effectiveness of using certain plants in the treatment of oral diseases with benefits for the population, justifying the importance of this study.

**KEYWORDS:** Amazon, herbal medicines, caries.

### 1. INTRODUÇÃO

Cerca de 2,4 bilhões de pessoas são acometidas por cárie dentária, o que representa 1/3 da população mundial. Nas últimas décadas, a cárie se tornou a doença bucal mais comum entre crianças de todo o mundo, onde a cárie não tratada foi a décima condição mais prevalente afetando mais de 621 milhões de crianças. No Brasil, 43,5% das crianças até aos 12 anos de idade apresentam a doença cárie na dentição permanente, da mesma forma que crianças brasileiras de até 5 anos de idade manifestam aproximadamente 2,43 dentes com experiência de cárie (CHEN *et al.*, 2019; PITTS *et al.*, 2017; BRASIL, 2012)

As disparidades regionais em saúde bucal observadas desde o inquérito de 1986 perpetuam as marcantes desigualdades, especialmente entre crianças e adolescentes, onde as regiões Norte e Nordeste apresentam recorrentemente os piores indicadores de saúde bucal. Além dos maiores valores de prevalência de cárie, a região Norte, apresentou também as maiores proporções de dentes cariados, ou seja, ainda não tratados, em relação aos dentes obturados e perdidos (BRASIL, 2012). A redução das desigualdades socioeconômicas e o incremento das medidas de saúde pública direcionadas a comunidades mais carentes, constituem ainda um desafio para os dirigentes e profissionais de saúde no país (LIMA *et al.*, 2020).

A cárie dentária é, portanto, uma doença bucal de alta prevalência e a sua etiologia está relacionada a presença de um hospedeiro suscetível, um biofilme microbiano e dieta cariogênica (INNES *et al.*, 2016), e dentre os principais microorganismos responsáveis pela formação do biofilme oral, podemos destacar o *Streptococcus mutans*, considerado o agente etiológico da cárie em humanos e responsável pelo início da doença (MILHO *et al.*, 2021).

As doenças bucais, quando não tratadas, levam na maioria das vezes, a dor incessante, sepsse, qualidade de vida reduzida, dias de escola perdidos, interrupção da vida familiar e diminuição da produtividade do trabalho. Deste modo, torna-se pertinente e importante a implementação de métodos de prevenção, haja vista que, os custos do tratamento de doenças bucais impõem grandes encargos econômicos às famílias e aos sistemas de saúde (PERES *et al.*, 2019)

Dentre os métodos de prevenção da cárie, o método mecânico que consiste na correta higienização através de escovação e uso do fio dental, é o método mais eficaz na remoção do biofilme dental, capaz de desagregar e remover depósitos microbianos aderidos nos dentes (SILVA *et al.*, 2011; WORTHINGTON *et al.*, 2019). Porém, esse método sozinho pode não ser totalmente eficaz, pois depende da habilidade e destreza manual dos indivíduos para realização da escovação dentária e limpeza interdental de qualidade, sendo assim, é importante associar procedimentos químicos para controlar a formação do biofilme (CHAN *et al.*, 2022).

Como o biofilme é uma associação organizada, composto por saliva, bactérias e seus produtos, fluido gengival, sangue e restos alimentares capaz de aderir aos dentes e causar alterações patológicas na cavidade oral, sua desagregação é indicada o quanto antes (LOBO *et al.*, 2019). Por isso, é importante associar procedimentos químicos e mecânicos para controlar sua formação (MOTALLAEI *et al.*, 2021).

Existem evidências científicas de que os enxagatórios bucais, que são considerados métodos químicos, desempenham papel chave e de valor significativo como coadjuvantes dos métodos mecânicos para prevenção e tratamento das doenças bucais. Entretanto, em nenhum caso devem substituir os métodos mecânicos de remoção da placa, e sim atuar como auxiliares do mesmo, atuando como auxiliar na complementação da higiene bucal por agirem sobre os microrganismos patogênicos, dificultando a adesão e proliferação desses microrganismos nas superfícies orais e a ação de suas enzimas (OLIVEIRA *et al.*, 2018).

Entre os compostos ativos mais utilizados em antissépticos bucais temos a clorexidina. Inúmeros estudos demonstraram a eficácia do digluconato de clorexidina 0,12% na redução e formação do biofilme oral. Entretanto o uso diário desta solução apresenta efeitos colaterais indesejáveis como manchas nos dentes e na língua, perda do paladar e sensação de queimação na mucosa oral; além disso, o uso prolongado pode desenvolver cepas microbianas resistentes (MARINHO; ARAÚJO, 2007; KULIK *et al.*, 2015).

A necessidade de medicar e a disponibilidade de plantas mescladas no processo civilizatório constituíram os primórdios do ato de curar, remontando à antiguidade o uso de vegetais como medicamentos (MARINHO; ARAÚJO, 2007). Estudos tem comprovado que plantas medicinais são uma rica fonte de compostos bioativos, ou bionutrientes, que estão presentes em sementes, raízes, folhas, flores ou mesmo em toda a planta, assumindo-se assim como importantes fontes de compostos com características de aditivos alimentares,

aromatizantes e no tratamento de diversas doenças, a nível industrial. A utilização destas e/ou fitoterápicos traz grandes vantagens no processo de promoção da saúde, pois seus compostos biologicamente ativos podem suprimir patógenos e prevenir a progressão de doenças, destacando-se dessa forma, como alternativa promissora e interessante aos compostos sintéticos (MILHO *et al.*, 2021; REN *et al.*, 2016; MARINHO; ARAÚJO, 2007; ROCHA *et al.*, 2020).

O uso de antimicrobianos fitoterápicos podem se tornar alternativas viáveis para o controle da placa bacteriana, contribuindo no controle do crescimento desordenado da microbiota oral, contornando transtornos proporcionados por cepas resistentes devido ao uso indiscriminado dos antimicrobianos sintéticos, facilitando o acesso das populações mais carentes aos enxaguatórios bucais, podendo ser utilizado como estratégia na redução do índice de cárie na população (MARINHO; ARAÚJO, 2007).

Na região Amazônica, existe uma grande biodiversidade de plantas medicinais utilizadas de maneira empírica, contudo, algumas com potencial antiinflamatório e antimicrobiano já comprovados cientificamente (CONDE *et al.*, 2015; FERREIRA, 2018a; KASPER *et al.*, 2020). No entanto, estudos anteriores mostraram que muitas plantas medicinais possuem substâncias agressivas e, por esta razão, devem ser utilizadas respeitando os riscos toxicológicos (PINHEIRO *et al.*, 2020).

No tocante à saúde bucal a fitoterapia ainda é negligenciada. Entretanto, os produtos de higiene oral com ativos de origem vegetal tem sido sendo cada vez mais estudados com protocolos mais modernos para comprovar a eficácia da utilização de determinadas plantas no tratamento das doenças bucais com benefícios à população (BERSAN *et al.*, 2014; SEVERO *et al.*, 2023), justificando a importância deste estudo.

## **A Saúde Bucal no Brasil**

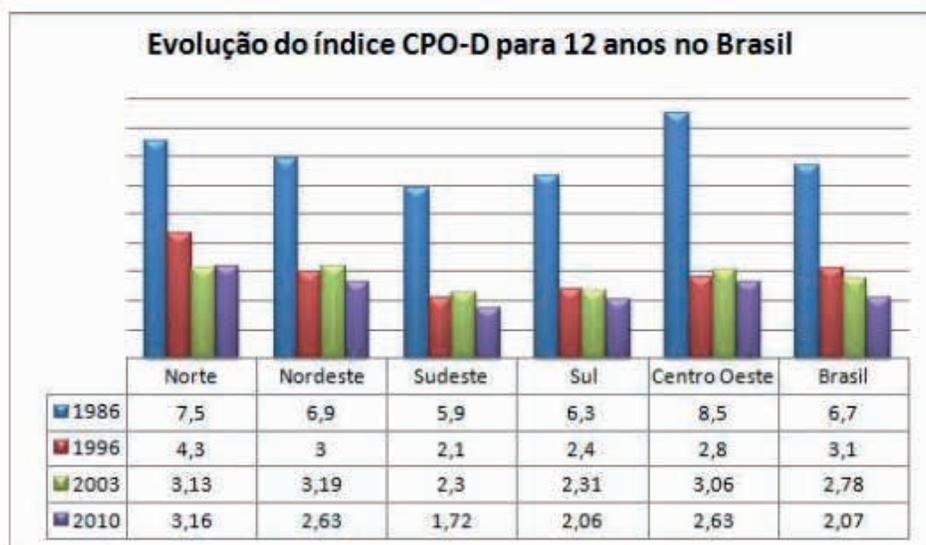
A implantação do Sistema Único de Saúde (SUS) em 1990, e da Política Nacional de Saúde Bucal - Brasil Sorridente em 2004, ampliou o acesso aos cuidados em saúde bucal na atenção primária e especializada incluindo aí a água tratada e fluoretada, contribuindo para o fortalecimento das ações de promoção e prevenção em saúde bucal no Brasil. Essas iniciativas, por sua vez, resultaram na melhoria das condições de saúde bucal da população brasileira, ilustrada pela condição de prevalência de cárie, que mudou de moderada, em 2003, para baixa em 2010, segundo critério adotado pela Organização Mundial da Saúde (OMS). Porém, a carga de doenças e os impactos que comprometem a qualidade de vida dos indivíduos ainda permanecem elevados, sobretudo nos grupos sociais menos favorecidos (MINISTÉRIO DA SAÚDE, 2018).

O índice CPOD (índice de dentes cariados, perdidos e obturados), formulado por Klein e Palmer (1937) é usado pela Organização Mundial de Saúde, para avaliar a

prevalência da cárie dentária em diversos países. No Brasil, o Ministério da Saúde, realiza o levantamento epidemiológico de saúde bucal em nível nacional desde 1986, onde o CPOD encontrado foi 6,7 o que é considerado muito alto pela OMS (Organização Mundial da Saúde). Em 2010 no último levantamento epidemiológico realizado, o valor correspondente a 2,1 colocou o Brasil no grupo de países com baixa prevalência de cárie. Esta expressiva diminuição na prevalência geral da doença foi alcançada através de políticas públicas voltadas a prevenção e promoção de saúde bucal, inclusão de ações odontológicas no PSF (Programa de Saúde da Família), aumento do acesso à água fluoretada e ao dentifrício fluoretado (BRASIL, 2012; AGNELLI, 2015).

Entretanto, considerando as cinco regiões brasileiras, em quatro houve redução do índice no período que vai de 2003 a 2010, de acordo com a pesquisa, porém, na região Norte, não se verificou redução e sim um aumento neste índice (Figura 1). Além dos maiores valores de prevalência de cárie, a região Norte, apresentou também as maiores proporções de dentes cariados, ou seja, ainda não tratados, em relação aos dentes obturados e os perdidos. Esse fato é um indicativo de que ocorre no Brasil, a polarização da cárie dentária, pois nas regiões brasileiras mais pobres este problema é consideravelmente maior. A redução das desigualdades socioeconômicas e o incremento das medidas de saúde pública direcionadas a comunidades mais carentes, constituem ainda um desafio para os dirigentes e profissionais de saúde no país (BRASIL, 2012; AGNELLI, 2015; VERAS *et al.*, 2022).

Figura 1 - Evolução do índice CPO-D para 12 anos por região no Brasil.



Fonte: BRASIL 2012.

## Etiologia da cárie dentária

Descrito pela primeira vez na literatura em 1634, o vocábulo Cárie Dentária é derivado do latim e foi inicialmente utilizado para descrever “buracos” nos dentes, sem conhecimento aprofundado tanto da etiologia como da patogênese da doença. Atualmente, é definida como uma patologia de alta prevalência e multifatorial que envolve um hospedeiro suscetível, um biofilme microbiano e dieta cariogênica. Assim, ocorre uma alteração dos microrganismos da doença cárie, que antes eram equilibrados e de baixa cariogenicidade, para uma população de microrganismos desequilibrada de alta cariogenicidade (INNES *et al.*, 2016; YANG *et al.*, 2018; KARCHED *et al.*, 2019).

As superfícies dos dentes são cobertas por um filme condicionador de proteínas e glicoproteínas (a película adquirida) que são derivadas principalmente da saliva, mas também contém componentes de bactérias e seus produtos, fluido gengival, sangue e restos alimentares; dessa forma, a película adquirida, fornece locais de ligação para adesão dos primeiros colonizadores bacterianos da superfície do dente, levando à formação do biofilme dental (LOBO *et al.*, 2019).

Os principais colonizadores bacterianos que aderem à superfície do dente pertencem aos gêneros *Actinomyces*, *Streptococcus*, *Haemophilus*, *Capnocytophaga*, *Veillonella* e *Neisseria*. No entanto, a presença dessas colônias microbianas recobrimo as superfícies dentárias, por si só não são suficientes para causar a doença, as interrelações existentes entre microrganismos, substrato, hospedeiro e tempo são os principais fatores que levam ao desgaste contínuo de minerais promovendo o aparecimento de lesões cariosas (BALHADDAD *et al.*, 2019). Estas lesões, podem comprometer o esmalte, a dentina e/ou o cimento, progredindo lentamente até a total destruição do dente conforme a atividade de cárie e o tempo deste processo, podendo alterar de semanas, meses e até anos. A doença torna-se autolimitante à medida que o biofilme - que recobre a superfície dentária – é desorganizado de forma mecânica e regular (FEJERSKOV *et al.*, 2017).

Dentre os *Streptococcus* que iniciam a construção do biofilme dental, o principal é o *Streptococcus mutans* - *cocos* Gram-positivos, anaeróbicos facultativos, acidogênicos e acidúricos capazes de formar polissacarídeos extracelulares - altamente cariogênicos devido à sua capacidade de colonizar superfícies duras - essa característica deve-se à presença de adesinas, as quais permitem a adesão à superfície dos dentes e a outros microrganismos encontrados no biofilme. Por esse motivo, são considerados os principais agentes etiológicos da cárie em humanos e responsáveis pelo início da doença (JAKUBOVICS *et al.*, 2005; MILHO *et al.*, 2021).

Quando expostos a uma dieta rica em açúcar, estes microrganismos metabolizam carboidratos e produzem ácidos que desmineralizam a estrutura dentária. Os carboidratos são fermentados de modo direto, mas, na presença de grandes quantidades, são

armazenados na forma de polissacarídeos intra (PIC) e extracelulares (PEC), estes auxiliam na sua aderência ao biofilme dental e aqueles agem como reservas energéticas (MILHO *et al.*, 2021).

As enzimas glicosiltransferases produzidas por *Streptococcus mutans* foram reconhecidas como fatores de virulência na patogênese da cárie dentária. Estas convertem sacarose em polímeros insolúveis, os glucanos, que promovem a adesão e o acúmulo de outras bactérias na superfície do dente e desempenham um papel essencial no desenvolvimento da placa dentária patogênica relacionada à atividade de formação de cárie. Em conjunto, as bactérias ligadas localmente produzem ácidos orgânicos persistentes através da glicólise, que alteram o ambiente ácido ao redor da superfície do dente, levando assim à desmineralização (NAM; HWANG, 2021). Por esse motivo, o mecanismo de virulência do *S. mutans* tem sido o mais estudado e conhecido quando comparado às outras espécies (LOBO *et al.*, 2019).

A presença do ácido lático oriundo do metabolismo dos microrganismos, promovem o decréscimo do pH, o que aumenta a solubilidade dos minerais dos dentes, iniciando o processo de desmineralização. Dessa maneira, as lesões cariosas são advindas do desequilíbrio fisiológico entre o conteúdo mineral do substrato e os fluidos do biofilme e da cavidade oral (BALHADDAD *et al.*, 2019).

Por isso, enquanto o pH for maior que 5,5 a tendência é que – por difusão – o dente receba os íons cálcio e fosfato, uma vez que a saliva está saturada desses íons, evitando que as estruturas dentárias se dissolvam. Em contrapartida, quando existe a presença do ácido lático oriundo do metabolismo dos microrganismos, ocorre a diminuição do pH para níveis considerados críticos, sendo menor do que 5,5, ocasionando, assim, a dissolução dos cristais de hidroxiapatita. Assim, no processo desmineralização-remineralização (DES-RE) ocorre uma maior perda de mineral do que uma reposição de íons, o que acarreta na progressão das lesões cariosas (BALHADDAD *et al.*, 2019).

Além dos fatores determinantes para a doença já citados anteriormente, como: interação entre hospedeiro, dieta, biofilme e tempo, evidências atuais sugerem que a estrutura social, determinantes culturais, econômicos, ambientais e relacionados ao sistema de saúde, são fatores intrínsecos envolvidos na etiologia da cárie dentária (FRAZÃO *et al.*, 2012).

## **Fitoterápicos Amazônicos de uso Odontológico**

O uso diário de extratos vegetais e seus produtos se torna uma alternativa promissora aos compostos sintéticos no controle de doenças bucais, uma vez que o interesse popular e institucional em terapias alternativas e/ou complementares vem crescendo nos últimos anos, assim como, o estudo e a validação científica dessa diversidade vegetal (SILVA *et al.*, 2022).

Na região Amazônica, existe uma grande biodiversidade de plantas medicinais utilizadas de maneira empírica, porém com indicações consolidadas por séculos de interação cultural (BORRÁS *et al.*, 2003). Sua extensão territorial chega a medir cerca de 5 milhões de km<sup>2</sup>, com 33.000 espécies de plantas superiores catalogadas e pelo menos 10.000 destes vegetais são considerados aromáticos e/ou terapêuticos (FERREIRA; BARATA, 1998)

Dentre muitas plantas medicinais existentes na Amazônia algumas já tiveram suas propriedades antimicrobianas sobre microorganismos formadores de biofilme oral comprovadas cientificamente como o jucá (*Libidibia férrea*), cajuru (*Arrabidaea chica*), alfavaca (*Ocimum micranthum*), copaíba (*Copaifera multijuga*) e pripioca (CONDE *et al.*, 2015; BERSAN *et al.*, 2014; GALVÃO *et al.*, 2012). O potencial antimicrobiano das plantas medicinais utilizadas na medicina popular na região amazônica justificam o estudo dessas plantas e sua atuação contra as bactérias presentes na boca para comprovação científica do efeito dessas plantas ou substâncias delas derivadas como agentes antimicrobianos em Odontologia (CONDE *et al.*, 2015; FERREIRA *et al.*, 2018b).

A seguir descreveremos fitoterápicos da Amazônia com maior número de registros na literatura.

#### • **Copaíba**

A *Copaifera multijuga* Hayne (*Leguminosae*) é uma árvore de origem amazônica, e é uma das 43 espécies de *Copaifera.*, habitualmente encontrada na Amazônia, mais especificamente nos estados do Amazonas, Pará, Rondônia e Mato Grosso. Em seu tronco, é encontrado um óleo-resina que possui ação cicatrizante e anti-inflamatória. Usada por indígenas desde os tempos da chegada dos portugueses, a copaíba é um dos fitoterápicos mais usados e conhecido pela população até hoje (COSTA *et al.*, 2006).

O óleo de copaíba tem sido utilizado por mais de 500 anos na medicina tradicional popular, com uma grande diversidade de aplicações. Alguns trabalhos têm sido realizados com o objetivo de determinar a composição deste, algumas outras pesquisas têm se direcionado para a comprovação das atividades medicinais atribuídas ao óleo e a indicação científica deste à terapêutica de várias doenças (PIERI; MUSSI; MOREIRA, 2009). Segundo alguns autores, os principais sesquiterpenos encontrados no óleo-resina da copaíba são  $\beta$ -cariofileno (CRAVEIRO *et al.*, 1981), que possui comprovada ação antiinflamatória (RAMOS, 2006), antibacteriana, antifúngica e antiedêmica, o  $\beta$ -bisaboleno com propriedades descritas como antiinflamatórias, analgésicas, antiviral, anti-úlceras e abortivo,  $\beta$ -elemeno anticâncer, entre outros (OLIVEIRA *et al.*, 2006; VEIGA JÚNIOR; PINTO, 2002).

Pesquisas realizadas nas últimas duas décadas apontam o óleo de copaíba para o campo da Odontologia, comprovando seu uso como antiinflamatório em processos

agudos e após procedimentos cirúrgicos; no tratamento endodôntico como curativo de demora associado a hidróxido de cálcio e em tratamento de alveolites. Além disso, estudos comprovam a ação antimicrobiana da copaíba sobre bactérias formadoras da placa e cárie dental (PIERI; MUSSI; MOREIRA, 2009; MONTEIRO, 2014; DE BARI *et al.*, 2016; SIMÕES *et al.*, 2016; VALADAS *et al.*, 2019).

Em busca de avaliar a ação antimicrobiana contra vários patógenos orais, Bardají *et al.* (2016) investigaram a atividade antimicrobiana do oleoresina de *C. reticulata* contra alguns microrganismos que causam cárie dentária e periodontite, como: *Streptococcus sobrinus*, *S. mitis*, *S. mutans*, *S. sanguinis*, *Lactobacillus casei*, *S. salivarius*, *Enterococcus faecalis*, *Porphyromonas gingivalis*, *Fusobacterium nucleatum*, *Actinomyces naeslundii*, *Prevotella nigrescens*, *Bacteroides fragilis*, *Bacteroides thetaiotaomicron* e ainda os isolados clínicos de *S. sanguinis*, *Lactobacillus casei*, *S. salivarius*, *Enterococcus faecalis*, *Porphyromonas gingivalis*, *Prevotella intermedia*, *Actinomyces viscosus* e *Prevotella buccae*. Como resultado alcançado, observaram que o oleoresina de *C. reticulata* não apresentou atividade antibacteriana frente à *L. casei* e os isolados clínicos, *Actinomyces viscosus*, *Prevotella buccae*, *P. gingivalis* e *Prevotella intermedia*. Para os outros microrganismos testados, os resultados mostraram-se promissores, pois a atividade antibacteriana foi em concentrações iguais ou inferiores a 100 µg/mL. Sendo assim, os resultados obtidos sugerem o produto vegetal estudado como composição de um enxaguatório bucal uma vez que essa oleoresina interfere diretamente na interação entre os microrganismos, impedindo a formação de placas dentárias. Essa associação pode minimizar os efeitos colaterais dos produtos para lavagem bucal e melhorar sua ação antimicrobiana, antiinflamatórias e, imunomodulatórias, através de efeito sinérgico no tratamento da periodontite. Tal efeito farmacológico pode ser atribuído aos diterpenos ácido ent-copálico, éster ent-agático-15-metílico e ácido ent-polialítico que interage com a membrana celular da bactéria e aumenta a permeabilidade, se ligando a constituintes vitais aos patógenos e alterando o pH bacteriano (BARDAJÍ *et al.*, 2016).

O óleoresina de *Copaifera multijuga* Hayne demonstrou ser um material promissor no preparo de restaurações e cimentos provisórios na clínica odontológica, por ser biocompatível e possuir um potencial irritativo menor que o eugenol - agente muito utilizado na Odontologia no preparo de pastas e cimentos - e apresentar atividade antibacteriana frente ao *S. mutans* e *S. sanguinis*, após a sua associação com *óxido de zinco e hidróxido de cálcio* (RIBEIRO, 1989; VASCONCELOS *et al.*, 2008).

Barboza *et al.*, (2017), relatou a eficiência das propriedades físico-químicas e antimicrobianas do cimento endodôntico contendo óleo de copaíba. A literatura comprova a atuação antimicrobiana em 24h em todas as concentrações testadas, comparadas com as opções sintéticas.

- **Unha de Gato (*Uncaria tomentosa*)**

A *Uncaria tomentosa*, também conhecida pela sinonímia de “unha-de-gato”, é uma planta indígena da floresta amazônica, está presente também na América do Sul e América Central. Os estudos científicos com a unha de gato se iniciaram nos anos 70 com Klaus Keplinger, responsável por organizar o primeiro trabalho definitivo com a *U. tomentosa* (MOREIRA; PEIXOTO; MARCHIONNI, 2020; PAIVA *et al.*, 2009)

A *U. tomentosa* apresenta como componentes os alcalóides oxindólicos, triterpenos, esteróides, compostos fenólicos, glicosídeos, taninos e flavonoides. Estudos mostram que tais compostos estão relacionados às suas propriedades anti-inflamatórias, antineoplásicas, imunoestimulantes, antioxidantes e antimicrobiana (JÚNIOR; MONTEIRO, 2020). Assim é utilizada para tratar abscessos, inflamações, febre, infecções bacterianas e fúngicas (HERRERA *et al.*, 2010).

Cahuana-Vasquez *et al.* (2007), realizaram estudo clínico onde verificou-se que a *U. tomentosa* micropulverizada em uma concentração mínima de 3% inibiu em 52% cepas de *Streptococcus mutans*, considerado principal agente etiológico da cárie. Já nas concentrações de 4% e 5% a ação inibitória subiu para 56% e 60%. Nesse estudo, a *U. tomentosa* micropulverizada em até 5% (50mg/ml) não inibiu o crescimento do *Candida albicans*, fungo responsável pela candidíase oral.

Paiva *et al.* (2009) realizaram um estudo com pessoas acometidas com candidíase oral, os pacientes foram submetidos a terapia antifúngica, no qual foram divididos em dois grupos, ao 1º grupo (grupo- teste), constituído por 10 pacientes foi administrado a *U. tomentosa* (Imuno-Max) na forma de gel, em bisnagas contendo 10 g, em quantidade suficiente para cobrir toda a área atingida, três vezes ao dia, durante duas semanas, conforme indicações do fabricante. O 2º grupo (controle-positivo), com 10 pacientes utilizou o Miconazol (Daktarin) a 4% na forma de gel, em bisnagas contendo 30 g, três vezes ao dia e por duas semanas. Em ambos os grupos pode-se observar o desaparecimento da sintomatologia após 14 dias de tratamento. Um dado importante da pesquisa foi que nenhum paciente do grupo-teste mencionou reações adversas durante tratamento, sendo considerado uma vantagem do fitofármaco em relação ao Miconazol, já que (40%) pacientes do grupo-controle relataram ter tido reações adversas como náuseas e dor epigástrica no decorrer do tratamento. Após o tratamento foi realizado exames micológicos que mostraram eficácia da *U. tomentosa* superior ao do Miconazol, uma vez que 60% dos pacientes do grupo-teste obtiveram resultados negativos no micológico pós terapia medicamentosa, enquanto no grupo-controle (Miconazol), 50% apresentaram resultados negativos. Em razão da amostra do estudo ter sido pequena, os autores informam que seria necessário continuidade nas pesquisas sobre este fitofármaco, porém os resultados obtidos foram promissores, mostrando que a *U. tomentosa* pode ser uma opção de fitofármaco de uso fúngico na odontologia.

Herrera *et al.* (2010), avaliaram as propriedades antimicrobiana *in vitro* da unha de gato diante de patógenos endodônticos (*Enterococcus faecalis*, *Staphylococcus aureus* e *Candida albicans*). Foram utilizados quatro produtos para auxiliar no estudo, o gel de clorexidina a 2% (como controle positivo, a clorexidina por ser potente atividade antimicrobiana na endodontia e na forma de gel por conta da efetividade na remoção de detritos orgânicos), o gel de unha-de-gato a 2% (obtido a partir de um extrato liofilizado), o gel contendo clorexidina e unha-de-gato a 2% e o gel de hidroxietilcelulose a 1% (como controle negativo). Os resultados mostraram que o gel com clorexidina e unha de gato a 2% foi a substância mais eficaz perante os patógenos *Enterococcus faecalis* e *Candida albicans*. Assim, os autores concluíram que extratos formulados com *U. tomentosa* em associação com a clorexidina tem efeito potencializado contra patógenos endodônticos.

- **Sacaca (*Croton cajucara* Benth)**

*Croton cajucara* Benth. (Euphorbiaceae), popularmente conhecido como sacaca, é um arbusto comum que cresce na região amazônica comumente usado na medicina popular como chá para doenças como diarreia, diabetes e distúrbios gastrointestinais.

Alviano *et al.*, (2005) verificaram que o óleo essencial de *C. cajucara* tem atividade antibacteriana significativa contra *Candida albicans*, *Lactobacillus casei*, *Staphylococcus aureus*, *Streptococcus sobrinus*, *Porphyromonas gingivalis* e *Streptococcus mutans* bactérias associadas a doenças da cavidade oral. Nesta análise, a proliferação das células bacterianas foi inibida por moléculas não caracterizadas, e o linalol foi confirmado como o componente antifúngico do óleo essencial. Os efeitos do linalol na biologia celular de *C. albicans* foram avaliados por microscopia eletrônica, que mostrou que o linalol induziu redução no tamanho das células e germinação anormal.

- **Jucá (*Libidibia ferrea* L)**

A espécie *Libidibia ferrea* L., comum na Amazônia conhecida popularmente como jucá ou pau-ferro vem sendo muito usada na medicina popular. A partir de porções da planta como a casca do caule e vagem, popularmente são realizadas preparações que possuem ação cicatrizante e propriedades anti-inflamatórias, analgésicas, antimicrobiana e cicatrizante já verificadas por diversos estudos (SAMPAIO *et al.*, 2009; ARAÚJO *et al.*, 2014; CONDE *et al.*, 2015). Além disso, a análise do perfil fitoquímico do extrato hidroalcolólico de *Libidibia ferrea* L. em estudos de identificação por cromatografia líquida, demonstrou a presença de componentes isolados pertencentes ao grupo dos esteroides, flavonoides, saponinas, cumarinas e taninos, sendo os taninos os principais componentes químicos relacionados as propriedades terapêuticas do jucá (FALCÃO *et al.*, 2019; PEREIRA *et al.*, 2012; PEDROSA *et al.*, 2016).

Conde *et al.* (2015), pesquisaram triagem de espécies amazônicas quanto à ação antimicrobiana sobre microorganismos formadores de biofilme dental e concluíram após ensaio *in vitro*, que o extrato da vagem de jucá obteve atividade antimicrobiana e inibiu a aderência em todas as cepas testadas.

De acordo com os resultados obtidos nos ensaios realizados por Oliveira *et al.* (2021), referente ao potencial citotóxico de uma formulação de pomada orabase de *Libidibia ferrea*, a ser utilizada para fins terapêuticos sobre úlceras traumáticas, foi possível concluir que o extrato do caule do jucá utilizado na formulação assim como o seu veículo e adjuvantes, não se apresentaram citotóxicos quando em contato com hemácias e fibroblastos em cultura de células. Em contrapartida o enxaguatório à base de *Libidibia ferrea* proposto por Oliveira Marreiro *et al.* (2021), apresentou-se citotóxico frente ao teste de cultura celular com fibroblastos; no entanto, o resultado para o teste de hemólise apresentou-se pouco tóxico com baixa taxa de hemólise.

Em estudo anterior, o extrato etanólico do jucá demonstrou ser seguro após ensaios pré-clínicos farmacológicos e eficaz sobre as bactérias *S. aureus*, *Pseudomonas aeruginosa*, *S. epidermidis*, *S. pyogenes*. Atividade antimicrobiana possivelmente relacionada a presença de metabólitos secundários presentes no extrato vegetal, como taninos (representado pelo ácido gálico e ácido elágico), flavonoides e alcaloides (ALMEIDA JÚNIOR, 2023).

## • Própolis

A própolis é uma substância pegajosa composta de resina, cera e óleos essenciais preparados por abelhas a partir de exsudatos de árvores e flores para preencher os espaços em suas colmeias. Desde a antiguidade, é bem conhecida na medicina popular como um importante complemento alimentar bioativo e um excelente conservante com atividade antibacteriana e antifúngica. Embora os constituintes ativos da própolis sejam diferentes de acordo com a fonte geográfica, ainda existem grandes classes comuns em preparações de própolis, como ácidos fenólicos e flavonóides, que são considerados os principais constituintes biologicamente ativos (DAS NEVES *et al.*, 2016).

Pinocembrina e galangina, seguidas de crisina, foram os principais flavonoides identificados na amostra de própolis utilizada por Arafa *et al.* (2018), que podem ter contribuído para a sua potente atividade bacteriana, em filmes oromucoadesivos, preparados para tratar úlcera aftosa oral recorrente. Os autores concluíram neste estudo que, filmes oromucoadesivos contendo própolis contribuíram na redução do tamanho das úlceras aftosas, duração prolongada do alívio da dor, além da redução do tempo de cicatrização da úlcera.

Além de atividade antimicrobiana, a própolis também possui atividades anti-inflamatória, antiviral, antioxidante, anestésica, cicatrizante e antisséptica. Na odontologia,

a própolis é dispensada na forma de creme dentais, enxaguatórios bucais, pastilhas e pó, e é utilizada no tratamento de vários acometimentos da cavidade bucal. Como antimicrobiano, ela pode ser usada como irrigante intracanal, como agente cariostático e no tratamento da periodontite e candidíase. A ação anti-inflamatória é possível pela presença de flavonoides e ácido cafeico, pois estes inibem a produção de ácido araquidônico, e assim, a síntese de prostaglandinas (FRANCISCO, 2010; ALELUIA *et al.*, 2015; BARRIENTOS, *et al.*, 2013; GOMES *et al.*, 2020).

Além das espécies vegetais já citadas, extratos de crajiru (*Arrabidaea chica*) e alfavaca (*Ocimum micranthum*) mostraram atividade antimicrobiana sobre microorganismos formadores de biofilmes orais, assim como, extrato de jambu (*Spilanthes acmella*) e o óleo de andiroba (*Carapa guianense*) inibiram a aderência em todas as cepas ensaiadas. (CONDE *et al.*, 2015).

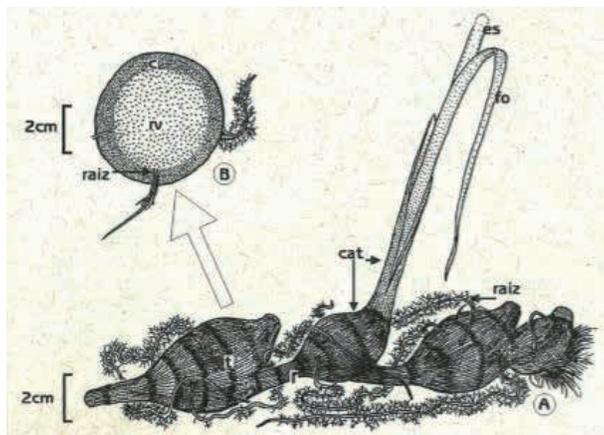
- **Priprioca (*Cyperus articulatus*)**

Na região amazônica, *Cyperus articulatus* (Cyperaceae), planta aromática conhecida popularmente como priprioca, destaca-se entre as espécies utilizadas para fins terapêuticos. Esta espécie nativa ocorre naturalmente no Norte, Nordeste e Sudeste do Brasil. A espécie produz um óleo volátil amarelo intenso, com valor econômico para a produção de perfumes e fragrâncias na indústria cosmética (FLORA DO BRASIL, 2019);

O gênero *Cyperus* é formado por aproximadamente 550 espécies que ocorrem preferencialmente em ambientes alagados, margens de estradas, campos e campinas. No estado do Pará, devido ao clima favorável, há a ocorrência de inúmeras espécies, tais como: *C. aggregatus* (Willd.) Endl., *C. articulatus* L. (var. *articulatus* e var. *nodosus*), *C. diffusus* Vahl, *C. distans* L. f., *C. elegans* L., *C. giganteus* Vahl., *C. ligularis* L., *C. luzulae* (L.) Rottb. Ex Retz., *C. sphacellatus* Rottb. ex Retz., *C. prolixus* Kunth, *C. rotundus* L., *C. sphacellatus* Rottb e *C. surinamensis* Rottb. Portanto é importante a identificação correta da espécie em estudo, pois a composição química das espécies diferem entre si (ZOGHBI *et al.*, 2008).

Os órgãos aéreos da planta são escapos e folhas, enquanto órgãos subterrâneos são rizomas, tubérculos e raízes (Figura 2). A altura da planta varia de 30 a 250 cm. As células oleíferas estão presentes exclusivamente nos rizomas e tubérculos, como é comum na família Cyperaceae, no entanto, devido a ampla utilização do termo rizoma, este trabalho considerará rizoma a junção de tubérculos e rizomas (ROCHA, 2008; SANTOS *et al.*, 2012).

Figura 2 - Aspecto morfológico dos órgãos vegetativos de *C. articulatus*. A – Órgãos subterrâneos e aéreos, B – Secção transversal do tubérculo, c = córtex, cat = catafilo, es = escapo, fo = folha, r = rizoma, rv = região vascular, t = tubérculo.



Fonte: Santos et al., 2008.

Os principais estudos sobre a espécie *C. articulatus* são os de Zoghbi *et al.* (2006) e posteriormente Kasper *et al.* (2018a, 2018b e 2020); ambos caracterizaram os compostos majoritários do óleo de rizomas de *C. articulatus* cultivados no Pará, por meio de Cromatografia Gasosa acoplada a Espectrometria de Massas identificando o  $\alpha$ -pineno, trans-pinocarveol, mirtenol, verbenona,  $\alpha$ -copaeno,  $\beta$ -selineno, óxido de cariofileno, aristolona, mustacona, 7-isopropenil-1,4a-dimetil- 4,4a,5,6,7,8-hexahidro-3H- naftalen-2-ona e ledol. Diferença geográfica da localização da amostra, como condições do solo, idade da planta, época de colheita, fatores ambientais podem influenciar a composição química dos óleos essenciais (KASPER *et al.*, 2018a).

A espécie foi implantada nos municípios paraenses de Santarém e Belterra. Em Santarém, em 2012, na Comunidade de Tabocal I (-54°71'71,02"W e - 02°62'85,33"S) na propriedade do senhor Moreira e um ano depois na comunidade Tabocal II (-54°74'04,59"W e - 02°62'38,48"S) na propriedade da família Galo. No município de Belterra, em 2012, na área experimental da EMBRAPA (-54°54'00,90"W e - 0 2°41'17,00"S) (ARÉVALO, 2021).

Dos rizomas de *C. articulatus* é extraído óleo essencial de coloração amarelo forte e odor característico. O odor agradável do óleo essencial dos rizomas de *C. articulatus* é recorrente da complexa composição química dos metabólitos secundários da espécie. Substâncias sesquiterpênicas das classes dos patchulanos, eudesmanos, cariofilanos e rotundanos são predominantes nos óleos essenciais e extratos apolares das espécies de *Cyperus*. O óleo de *C. articulatus* difere do óleo de *C. prolixus* e *C. rotundus* graças a maior porcentagem de  $\alpha$ -pineno e  $\beta$ -pineno e a presença de mustacona (ZOGHBI *et al.*, 2008).

Na Amazônia, rizomas de priproica são utilizados na medicina tradicional para o tratamento de diversas enfermidades como enxaqueca, dor de estômago, febre, malária e por suas propriedades contraceptivas e abortivas segundo Silva *et al.* (2019). Dentre as finalidades terapêuticas, várias já foram comprovadas por diversos autores, como a atividade antimicrobiana contra bactérias gram-positivas e leveduras (FREIRES *et al.* 2015; OLADOSU *et al.*, 2011; KASPER *et al.*, 2018a), propriedade anticonvulsivante (NGO BUM *et al.*, 2003), atividade antiparasitária (METUGE *et al.*, 2014; SILVA *et al.*, 2019), atividade antioxidante (DESMACHELIER *et al.*, 1997) e anti-inflamatória (FERREIRA, 2018a).

Em estudo feito por Bersan *et al.* (2014), óleos essenciais obtidos de vinte plantas aromáticas e medicinais brasileiras foram avaliados quanto a sua atividade antimicrobiana sobre os patógenos orais *Candida albicans*, *Fusobacterium nucleatum*, *Porphyromonas gingivalis*, *Streptococcus sanguis* e *Streptococcus mitis*. A maioria dos óleos essenciais apresentou atividade antimicrobiana moderada a forte contra estes microrganismos. Entretanto, o óleo de *C. articulatus* apresentou os melhores resultados e maior capacidade de controlar a formação de biofilme, inibindo 63,96% da formação de biofilme de *S. sanguis*. A análise química do óleo essencial de *C. articulatus* utilizado neste estudo mostrou a presença dos sesquiterpenos mustaona e a - copaeno, e do monoterpeneo trans-pinocarveol como componentes majoritários. Os autores associaram a atividade antimicrobiana a possíveis mecanismos de ação apresentado pelos componentes químicos a e b - pineno, que mostraram ser capazes de destruir a integridade celular, além de inibir a respiração e os processos de transporte de íons, levando à morte celular (CARSON *et al.*, 2002; BERSAN *et al.*, 2014).

Em estudo feito para avaliar a atividade anti-*candida* de óleos essenciais e extratos etanólicos de folhas e/ou raízes de 35 plantas medicinais comumente utilizadas no Brasil, extratos etanólicos não foram eficaz em nenhuma das concentração testadas, no entanto, os resultados indicaram forte atividade contra *Candida albicans* para óleos essenciais de *Achillea millefolium*, *Mikania glomerata* e *Stachys byzantina* (CIM- 0,25 mg/ml) e moderada para *Aloysia triphylla*, *Anthemis nobilis*, *Cymbopogon martinii*, *Cyperus articulatus*, *Cyperus rotundus*, *Lippia alba*, *Mentha arvensis* e *Mentha piperita* (DUARTE *et al.*, 2005). Em estudo similar, óleos essenciais de 20 plantas medicinais brasileiras foram testados quanto a atividade antimicrobiana sobre *S. mutans*. De acordo com os resultados da pesquisa todos os óleos mostraram atividade antimicrobiana sobre a bactéria testada, dentre estes, o óleo essencial de *C. articulatus* com valor de CIM de 250 µg/ml. No entanto, de acordo com metodologia pré-estabelecida pelos autores, os melhores resultados (CIM < 250 µg/ml), foram atribuídos aos óleos essenciais de *A. gratissima*, *B. dracunculifolia*, *C. sativum* e *L. sidoides*; que também foram capazes de romper a formação de biofilme criado por *S. mutans* (GALVÃO *et al.*, 2012).

Além de serem utilizadas por sua ação antisséptica e antibacteriana, as plantas medicinais de origem Amazônica, tem outras aplicações na Odontologia, como é o caso

do açai (*Euterpe oleracea*) que produz um evidenciador de placa dental (ontocianina) com eficiência de 90% superior a produtos sintéticos comercializados tais como Replak® (corante azul/ vermelho alimentício) e Plakstesim® (fucsina básica) (EMMI, 2006). Assim como, *Acmella oleacea* L., *Aniba roseadora* Ducke, *Astronium fraxinifolium* Schott, *Canna gigantea* Desf., *Erythrina corallodendron* L., *Piper geniculatum* Sw., *Protium icariba*, utilizadas para o alívio da dor de origem dental (MORS *et al.*, 2000).

## 2. CONSIDERAÇÕES FINAIS

Os fitoterápicos oriundos da região Amazônica possuem ação anti-inflamatória, antimicrobiana, antioxidante, antifúngica, cicatrizante e antisséptica graças a substâncias biologicamente ativas presentes nas espécies o que justifica o seu emprego no tratamento de enfermidades. Deste modo, podemos afirmar que o uso de fitoterápicos amazônicos na prática Odontológica pode trazer benefícios econômicos e de saúde por ser uma alternativa natural e eficaz ao tratamento da cárie dentária. No entanto, para o emprego de forma segura mais estudos são necessários para avaliar os riscos toxicológicos destes produtos naturais.

## REFERÊNCIAS

AGNELLI, P. B. Variação do índice CPOD do Brasil no período de 1980 a 2010. **Revista Brasileira de Odontologia**, 72(1/2):10-5, 2015.

ALMEIDA JÚNIOR, J. S. Estudos pré-clínicos de segurança e eficácia da andiroba, copaíba e jucá para o desenvolvimento de um fitomedicamento. 191p. **Tese (Doutorado). Programa de Pós – Graduação em Sociedade Natureza e Desenvolvimento (PPSND). Universidade Federal do Oeste do Pará (UFOPA)**, Santarém, 2023.

ALVIANO, W. S.; MENDONÇA-FILHO, R. R.; ALVIANO, D. S.; BIZZO, R. H.; SOUTO-PADRÃO, T.; RODRIGUES, M. L.; BOLOGNESE, A. M.; ALVIANO, C. S.; SOUZA, M. M. Atividade antimicrobiana do óleo essencial rico em linalol de *Croton cajucara* Benth sobre biofilmes artificiais e microrganismos planctônicos. **Microbiol Oral. Immunol.**, 20, 101-105, 2005.

ARAFA, M. G.; GHALWASH, D.; EL-KERSH, D. M.; ELMAZAR, M. M. Propolis-based niosomes as oromuco-adhesive films: A randomized clinical trial of a therapeutic drug delivery platform for the treatment of oral recurrent aphthous ulcers. **Sci Rep** 8, 18056, 2018.

ARAÚJO, A. A. de.; SOARES L. A.L.; FERREIRA, M. R. A.; NETO, M. A. S.; SILVA, G. R.; ARAÚJO JR, de.; GUERRA, G. C. B.; MELO, M. C. M. Quantification of polyphenols and evaluation of antimicrobial, analgesic and anti-inflammatory activities of aqueous and acetone-water extracts of *Libidibia ferrea*, *Parapiptadenia rigida* and *Psidium guajava*. **J Ethnopharmacol**, 156, 88-96, 2014.

BALHADDAD, A.A. *et al.* Toward dental caries: Exploring nano- particle-based platforms and calcium phosphate compounds for dental restorative materials. **Bioactive Materials**, Arábia Saudita, v. 4, p. 43-55, 2019.

- BARBOZA, A. S.; SCHNEIDER, L. R.; DOS SANTOS, D.C.; DAMIAN, M. F.; CUEVAS-SUÁREZ, C. E.; PIVA, E.; LUND RG. Atividade Antibacteriana e Propriedades Físico-Químicas de um Cimento Resinoso Contendo Compostos à Base de Óleo de Copaíba. **Journal Health Sciences**, 19(5), 234-234.35, 2017.
- BARDAJÍ, D. K. R.; DA SILVA, J. J.; BIANCHI, T. C.; DE SOUZA, E. D.; DE OLIVEIRA, P. F.; LEANDRO, L. F.; ROGEZ, H. L.; VENEZIANNI, R. C.; AMBROSIO, S. R.; TAVARES, D. C.; BASTOS, J. K.; MARTINS, C. H. Copaífera reticulata oleoresin: Chemical characterization and antibacterial properties against oral pathogens. **Anaerobe**, v. 40, p. 18–27, 1 ago, 2016.
- BARRIENTOS, L.; HERRERA, C. L.; MONTENEGRO, G.; ORTEGA, X.; VELOZ, J.; ALVEAR, M. et al. Chemical and botanical characterization of Chilean propolis and biological activity on cariogenic bacteria *Streptococcus mutans* and *Streptococcus sobrinus*. **Braz. J. Microbiol**, 2013.
- BERSAN, S. M. F.; GALVÃO, L. C. C.; GOES, V. F. F.; SARTORATTO, A.; FIGUEIRA, G. M.; REHDER, V. L. G.; ALENCAR, S. M.; DUARTE, R. M. T.; ROSALEN, P. L.; & DUARTE, M. C. T. Action of essential oils from Brazilian native and exotic medicinal species on oral biofilms. **BMC Complementary and Alternative Medicine**, 14(1), 1–12, 2014.
- BORRÁS, Maria Rosa Lozano. **Plantas da Amazônia: Medicinais ou mágica? – Plantas comercializadas no mercado Adolpho Lisboa**. Editora Valer/Governo do Estado do Amazonas, Manaus-AM, 322p, 2003.
- BRASIL. MINISTÉRIO DA SAÚDE. SB Brasil 2010 - Pesquisa Nacional de Saúde Bucal: principais resultados. Brasília: **Ministério da Saúde**, 2012.
- CARSON, C. F.; MEE, B. J.; RILEY, T. V. Mechanism of action of Melaleuca alternifolia (tea tree) oil on Staphylococcus aureus determined by time-kill, lysis, leakage, and salt tolerance assays and electron microscopy. **Antimicrobial agents and chemotherapy**, 46(6), 1914–1920, 2002.
- CCAHUANA-VASQUEZ, R. A.; SANTOS, S. S. F.; KOGA-ITO, C. Y.; JORGE, A. O. C. Antimicrobial activity of Uncaria tomentosa against oral human pathogens. **Brazilian Oral Research [online]**. 2007, v. 21, n. 1 pp. 46-50, 2007.
- CHAN, A. K. Y.; TAMRAKAR, M.; JIANG, C. M.; TSANG, Y. C.; LEUNG, K. C. M.; CHU, C. H. Clinical evidence for professionally applied fluoride therapy to prevent and arrest dental caries in older adults: A systematic review. **Journal of Dentistry**, 104273, 2022.
- CHEN, K.J. et al. Early childhood caries and oral health care of Hong Kong preschool children. **Clinical, Cosmetic and Investigational Dentistry**, Hong Kong, v. 11, p. 27-35, 2019.
- CONDE, N. C. O.; PEREIRA, M. S. V.; BANDEIRA, M. F. C. L.; VENÂNCIO, G. N.; OLIVEIRA, G. P.; SAMPAIO, F. C. *In vitro* antimicrobial activity of plants of the Amazon on oral biofilm micro-organisms. **Rev Odonto Cienc.**, 30(4):179-183, 2015.
- CRAVEIRO, A. A.; FERNANDES, A. G.; ANDRADE, C. H. S.; MATOS, F. J. de A.; ALENCAR, J. W. de; MACHADO, M. I. L. **Óleos essenciais de plantas do Nordeste**. Fortaleza, CE: Editora UFC, 210p, 1981.
- DAS NEVES, M. V. M., DA SILVA, T. M. S., DE OLIVEIRA LIMA, E., DA CUNHA, E. V. L.; DE JESUS OLIVEIRA, E. Isoflavone formononetin from red propolis acts as a fungicide against Candida sp. **brazilian journal of microbiology** 47, 159–166, 2016.

DE BARI, C. C.; SAMPAIO, F.; CONDE, N.; MOURA, L.; VEIGA, J.; BARBOSA, G.; VASCONCELLOS, M.; TODA, C.; VENÂNCIO, G.; BANDEIRA, M.F. Amazon emulsions as cavity cleansers: antibacterial activity, cytotoxicity in human tooth color. **Rev. Bras. Farmacogn.**, 26, 497-501, 2016.

DESMARCHELIER, C.; MONGELLI, E.; COUSSIO, J.; CICCIA, G. Studies on the cytotoxicity, antimicrobial and DNA-binding activities of plants used by the Ese'ejas. **Journal of ethnopharmacology**, v. 50(2), p. 91–96, 1996.

DUARTE, M. C. T.; FIGUEIRA, G. M.; SARTORATTO, A.; REHDER, V. L. G.; DELARMELENA, C. Anti-Candida activity of Brazilian medicinal plants. **Journal of ethnopharmacology**, 97(2), 305–311, 2005.

EMMI D. P. Análise Comparativa da Eficácia de Evidenciadores de Placa Dental a base de Corantes Naturais x Sintéticos. **Tese (Doutorado) – Universidade Federal do Pará (UFPA)**, Belém, 2006.

FALCÃO, T. R.; RODRIGUES, C. A. O.; ARAÚJO, A. A. de.; MEDEIROS, C. A. C. X. de.; SORES, L. A. L.; FERREIRA, M. R. A.; VASCONCELOS, R. C.; ARAÚJO JÚNIOR, R. F. de.; SOUSA LOPES, M. L. D. de.; GUERRA, G. C. B. Crude extract from *Libidibia ferrea* (Mart. ex. Tul.) L.P. Queiroz leaves decreased intra articular inflammation induced by zymosan in rats. **BMC Complement Altern Med.** Feb., 12;19(1):47, 2019.

FEJERSKOV, O.; NYVAD, B.; KIDD, E. **Cárie dentária: fisiopatologia e tratamento**. 3a edição. Rio de Janeiro: Guanabara Koogan, 2017.

FERREIRA, J. C. C. Avaliação *in vitro* da atividade anti-inflamatória do óleo essencial de *Cyperus articulatus* L. em macrófagos. **Dissertação de Mestrado em Biociências -Programa de Pós-Graduação em Biociências, Universidade Federal do Oeste do Pará**, 2018a.

FERREIRA, G.L.S.; BEZERRA, L.M.D.; RIBEIRO, I.L.A.; MORAIS JÚNIOR, R.C.D.; CASTRO, R.D. Susceptibility of Cariogenic Microorganisms to Phytoconstituents. **Braz. J. Biol.**, 78, 691–696, 2018b.

FERREIRA, S. H.; BARATA, L. E. S. **MEDICAMENTOS A PARTIR DE PLANTAS MEDICINAIS NO BRASIL Equipe Principal**. Acad. Bras. Ciências ed. [s.l.] 1998, 1998.

FLORA DO BRASIL. *Cyperus* in Flora do Brasil 2020 em construção. **Jardim Botânico do Rio de Janeiro**, 2019. (<http://floradobrasil.jbrj.gov.br/reflora/floradobrasil/FB7174> ).

FRANCISCO, K. Fitoterapia: uma opção para o tratamento odontológico. **Revista Saúde**; 4(1): 18-24, 2010.

FRAZÃO, P. Epidemiology of dental caries: when structure and context matter. **Braz. oral res.**; 26(1):108-114, 2012.

FREIRES, I. A.; BUENO-SILVA, B.; GALVÃO, L. C., et al. The Effect of Essential Oils and Bioactive Fractions on *Streptococcus mutans* and *Candida albicans* Biofilms: A Confocal Analysis. **Evid Based Complement Alternat Med.**: 871316, 2015.

GALVÃO, L. C. D. C.; FURLETTI, V. F.; BERSAN, S. M. F.; DA CUNHA, M. G.; RUIZ, A. L. T. G.; CARVALHO, J. E. De; SARTORATTO, A.; REHDER, V. L. G.; FIGUEIRA, G. M.; TEIXEIRA DUARTE, M. C.; IKEGAKI, M.; DE ALENCAR, S. M.; & ROSALEN, P. L. Antimicrobial activity of essential oils against *Streptococcus mutans* and their antiproliferative effects. **Evidence-Based Complementary and Alternative Medicine**, 2012.

- GOMES, M. S.; MENDONÇA, A. K. P.; CORDEIRO, T. O.; OLIVEIRA, M. M. B. Uso de plantas medicinais na odontologia: uma revisão integrativa. **Rev. Ciênc. Saúde Nova Esperança**. João Pessoa-PB, 18(2): 118a-126, 2020.
- HERRERA, D. R.; TAY, L. Y.; REZENDE, E. C.; KOZLOWSKI JR, V. A.; SANTOS, E. B. *In vitro* antimicrobial of phytotherapeutic *Uncaria tomentosa* against endodontic pathogens. **Jornal of Oral Science**, vol. 52, No. 3, 473-476, 2010.
- INNES, N.P.T. et al. Managing Carious Lesions: Consensus Recommendations on Terminology. **Advances in dental research**, [S. l.], v. 28, n. 2, p. 49–57, 2016.
- JAKUBOVICS, N. S.; STROMBERG N.; VAN DOLLEWEERD, C. J.; KELLY, C. G.; JENKINSON, H. Differential binding specificities of oral streptococcal antigen I/II family adhesins for human or bacterial ligands. **Mol Microbiol**; 55(5):1591- 605, 2005.
- JUNIOR, J. I.; MONTEIRO, Á. B. Plantas medicinais e fitoterápicos úteis na odontologia clínica: uma revisão. **Revista da Faculdade de Odontologia da UFBA**, 50(1), 47-56, 2020.
- KARCHED, M; ALI, D; NGO, H. In vivo antimicrobial activity of silver diammine fluoride on carious lesions in dentin. **Journal of Oral Science**, Kuwait, p. 1-6, 2019.
- KASPER, A. A. M.; SOUSA, S. F.; SAN MARTIN, B. S.; SOUSA JR. J. J. V.; SARTORATTO, A.; ESCHER, S. K. S.; BARATA, L. E. S. Prospecção de produtos naturais obtidos de priproica como agentes de controle de fungos fitopatogênicos de importância agrícola. **Agroecossistemas**, v.10, n.2, p.273-286, 2018a.
- KASPER, A. A. M.; SOUSA, B. C. M.; LOURIDO, K.; SAN MARTIN, B.; BARATA, L. E. S; LUSTOSA, D. Óleo essencial e hidrolato de *Cyperus articulatus* var. *nodosus* no controle de *Colletotrichum musae*, **Cadernos de Agroecologia**, v. 13, n.1, 2018b.
- KASPER, A. A. M.; SOUSA, S. F.; MARTIN, B. S. S.; SATORATTO, A.; NUNES, K. M.; SOUSA JÚNIOR, J. J. V.; SILVA, S. K. R.; BARATA, L. E. S. Aproveitamento dos resíduos de priproica (*Cyperus articulatus* L.) no controle alternativo de fungos fitopatogênicos. **Revista Ibero Americana de Ciências Ambientais**, v.11, n.1, p.80-88, 2020.
- KULIK, E. M.; WALTIMO, T.; WEIGER, R.; SCHWEIZER, I.; LENKEIT, K.; FILIPUZZI- JENNY, E.; WALTER, C. Development of resistance of *mutans streptococci* and *Porphyromonas gingivalis* to chlorhexidine digluconate and amine fluoride/stannous fluoride-containing mouthrinses, *in vitro*. **Clinical oral investigations**, 19(6), 1547-1553, 2015.
- LIMA, L. H. G., ROCHA, N. B. D., ANTONIASSI, C. P., MOURA, M. S. D., & FUJIMAKI, M. Prevalência e severidade da cárie dentária em escolares do Ensino Fundamental de um município vulnerável. **Revista de Odontologia da UNESP**, 49, 2020.
- LOBO, C. I. V.; RINALD, T. B.; CHRISTIANO, C. M. S.; SALES, L. L. de.; BARBUGLI, P. A.; KLEIN, M. I. Dual-species biofilms of *Streptococcus mutans* and *Candida albicans* exhibit more biomass and are mutually beneficial compared with single-species biofilms. **J Oral Microbiol.**, 11(1); 1581520, 2019.
- MARINHO, B. V. S.; ARAÚJO, A. C. S. Uso dos enxaguatórios bucais sobre a gengivite e biofilme dental. **INTERNATIONAL JOURNAL OF DENTISTRY**, RECIFE 6(4): 124-131, 2007.

- METUGE, J. A.; NYONGBELA, K. D.; MBAH, J. A.; SAMJE, M.; FOTSO, G.; BABIAKA, S. B.; CHO-NGWA, F (2014). Anti-Onchocerca activity and phytochemical analysis of an essential oil from *Cyperus articulatus* L. **BMC complementary and alternative medicine**, v.14, p.223, 2014
- MILHO, C.; SILVA, J.; GUIMARÃES, R.; FERREIRA, I.C.F.R.; BARROS, L.; ALVES, M.J. Antimicrobials from Medicinal Plants: An Emergent Strategy to Control Oral Biofilms. **Appl.Sci.**, 11,4020, 2021.
- MINISTÉRIO DA SAÚDE, Secretaria de Atenção à Saúde, Departamento de Atenção Básica. – Brasília: Ministério da Saúde, 2018.
- MONTEIRO, M. H. D. A. Fitoterapia na odontologia: levantamento dos principais produtos de origem vegetal para saúde bucal. **Monografia (especialização) – Instituto de Tecnologia em Fármacos -Farmanguinhos**, Pós-graduação em Gestão da Inovação em Fitomedicamentos. Rio de Janeiro, 2014.
- MOREIRA, V. L.; PEIXOTO, A. P. P.; MARCHIONNI, A. M. T. Uso de medicamentos fitoterápicos como opção anti-inflamatória na odontologia. **J Dent Public Health** 11(2):167-175, 2020.
- MORS WB, RIZZINI CT & PEREIRA NA. Medicinal plants of Brazil. **Algonac: Reference Publications**, 1st ed., 549 p, 2000.
- MOTALLAEI, M. N.; YAZDANIAN, M.; TEBYANIAN, H.; TAHMASEBI, E.; ALAM, M.; ABBASI, K.; YAZDANIAN, A. The current strategies in controlling oral diseases by herbal and chemical materials. **Evidence-Based Complementary and Alternative Medicine**, 2021.
- NAM, Y. J., HWANG, Y. S. Antibacterial and antioxidant effect of ethanol extracts of *Terminalia chebula* on *Streptococcus mutans*. **Clinical and Experimental Dental Research**,7(6), 987–994, 2021.
- NGO BUM, E.; RAKOTONIRINA, A.; RAKOTONIRINA, S. V.; HERRLING, P. Effects of *Cyperus articulatus* compared to effects of anticonvulsant compounds on the cortical wedge. **Journal of ethnopharmacology**, v. 87(1), p. 27–34, 2003.
- OLADOSU, I. A.; USMAN, L. A.; OLAWORE, N. O.; ATATA, R. F. Antibacterial activity of rhizomes essential oils of two types of *Cyperus articulatus* growing in Nigeria. **Adv Biol Research**, v. 5, n. 3, 179-183, 2011.
- OLIVEIRA, J. R.; BELATO, K. K.; OLIVEIRA, F. E.; JORGE, A. O. C.; CAMARGO, S. E. A.; OLIVEIRA, L. D. Mouthwashes: an in vitro study of their action on microbial biofilms and cytotoxicity to gingival fibroblasts. **Gen Dent.**, Mar-Apr;66(2):28-34, 2018.
- OLIVEIRA, G. P. de.; GOMES, L. da S. S.; VENÂNCIO, G. N. ; LIMA, E. S. .; SOUZA, T. P. de .; BANDEIRA, M. F. C. L. .; TODA, C.; CONDE, N. C. de O. Cytotoxicity of an orabase from *Libidibia ferrea*. **Research, Society and Development**, [S. l.], v. 10, n. 10, p. e133101018713, 2021.
- OLIVEIRAMARREIRO, R. de.; SOUZA, W. M. de., LIBÓRIO-KIMURA, T. N.; SOUZA, T. P. de., BANDEIRA, M. F. C. L.; TODA, C. Avaliação da biocompatibilidade do enxagatório de *Libidibia ferrea* em mucosa bucal de ratos-estudo piloto Evaluation of the biocompatibility of the *Libidibia ferrea* mouthwash in the oral mucosa of rats—a pilot study. **Brazilian Journal of Development**, 7(6), 60912-60927, 2021.
- PAIVA, L. C. A.; RIBEIRO, R. A.; PEREIRA, J. V.; OLIVEIRA, N. M.C. Avaliação clínica e laboratorial do gel da *Uncaria tomentosa* (Unha de Gato) sobre candidose oral. **Revista Brasileira de Farmacognosia**, 19(2A): 423-428, 2009.

PEDROSA, T. D. N.; BARROS, A. O.; NOGUEIRA, J. R.; FRUET, A. C.; RODRIGUES, I. C.; CALCAGNO, D. Q.; LIMA, E. S. Anti-wrinkle and anti-whitening effects of jucá (*Libidibia ferrea* Mart.) extracts. **Archives of dermatological research**, 308(9), 643-654, 2016.

PERES, M. A.; MACPHERSON, L. M. D.; WEYANT, R. J.; DALY, B.; VENTURELLI, R.; MATHUR, M. R. Oral diseases: a global public health challenge. **Lancet.**, 394(10194):249-260, 2019.

PEREIRA, R. J.; CARDOSO, M. G. Vegetable secondary metabolites and antioxidants benefits. **J. Biotec. Biodivers.**, v. 3, N.4: pp. 146-152, 2012.

PIERI, F. A., MUSSI, M. C., MOREIRA, M. A. S. Óleo de copaíba (copaifera sp.): histórico, extração, aplicações industriais e propriedades medicinais. **Rev. Bras. Pl. Med.**, Botucatu, v.11, n.4, p.465-472, 2009.

PINHEIRO, J. S.; ALVES, D. B.; PASSOS, X. S.; MAIA, Y. L. M. Hepatotoxic Properties in medicinal plants and herbal products. **Revista Referências em Saúde da Faculdade Estácio de Sá de Goiás - RRS-FESGO**, Vol.03, n.1, pp. 2020.

PITTS, N. B.; ZERO, D. T.; MARSH, P. D.; EKSTRAND, K.; WEINTRAUB, J. A.; RAMOS-GOMES, F.; et al. **Dental Caries**. Nat. Rev., 3(17030):1-16, 2017.

RAMOS, M. F. S. Desenvolvimento de microcápsulas contendo a fração volátil de copaíba por spray-drying: estudo de estabilidade e avaliação farmacológica. 132p. **Tese (Doutorado em Ciências Farmacêuticas) - Universidade de São Paulo**, Ribeirão Preto, 2006.

REN Z., CHEN, L., LI, J., LI, Y. Inhibition of Streptococcus mutans polysaccharide synthesis by molecules targeting glycosyltransferase activity, **Journal of Oral Microbiology**, 8:1, 31095, 2016.

RIBEIRO, A. Avaliação do potencial irritativo do óleo-resina de copaíba (substituto do eugenol) na fase exsudativa do processo inflamatório. 77p. **Tese (Doutorado) - Faculdade de Odontologia, Universidade de São Paulo**, Bauru, 1989.

ROCHA, A. E. S. As espécies de *Cyperaceae* Juss. conhecidas como Pripioca In: POTIGUARA, R. C. V.; ZOGHBI, M. G. B. (Org) **Pripioca um recurso aromático do Pará Belém**: MPEG, UEPA, 2008.

ROCHA, E. A. L.; DE CARVALHO, A. V. O.; DE ANDRADE, S. R. A.; TROVÃO, D. M.; MEDEIROS, A. C.D.; COSTA, E. M. M. B. Atividade Antimicrobiana "In Vitro" de Extratos Hidroalcoólicos de Plantas Medicinais do Nordeste Brasileiro em Bactérias do Gênero Streptococcus. **Pesqui. Bras. Odontopediatria Clín. Integr.** 2013; 13(3): 233-38. VOLUME 18 - NÚMERO 2 - Ago/2020.

SAMPAIO, F. C.; PEREIRA, M. do S.; DIAS, C. S.; COSTA, V. C.; CONDE, N. C.; BUZALAF, M. A. In vitro antimicrobial activity of *Caesalpinia ferrea* Martius fruits against oral pathogens. **J Ethnopharmacol.** Jul 15;124(2):289-94, 2009.

SANTOS, P. P., POTIGUARA, R. C. V., LINSI, A. L. F. A., MACEDO, E. G. Caracterização morfoanatômica dos caules de *Cyperus articulatus* L. e *C. prolixus* H.B.K. (Cyperaceae) **Bol. Mus. Para. Emílio Goeldi. Cienc. Nat.**, Belém, v. 7, n. 1, p. 47-55, 2012.

SILVA, A. S., SILVA, G. A., CORREA, V. M., PIVA, R. M., WERNECK, R. I. Controle mecânico do biofilme dental. **Revista Gestão & Saúde**, Curitiba, v. 2, n. 2, p. 1-6, 2011.

SILVA, N. C.; GONÇALVES, S. F.; ARAÚJO, L. S.; KASPER, A. A. M.; FONSECA, A. L.; SARTORATTO, A.; CASTRO, K. C. F.; et al. In vitro and in vivo antimalarial activity of the volatile oil of *Cyperus articulatus* (Cyperaceae). **Acta Amazonica** 49: 334-342, 2019.

SILVA, C. R. O.; OLIVEIRA, G. F., & OLIVEIRA, J. A. P. de. FITOTERÁPICOS: UMA ALTERNATIVA PARA O TRATAMENTO ODONTOLÓGICO. *RECIMA21 - Revista Científica Multidisciplinar - ISSN 2675-6218*, 3(6), e361589, 2022.

SIMÕES, C. A. C. G.; CONDE, N. C. O.; VENÂNCIO, G. N.; MILÉRIO, P. S. L. L.; BANDEIRA, M. F. C. L.; VEIGA JÚNIOR, V. F. Antibacterial activity of copaiba oil gel on dental biofilm. **Open Dent. J.**, 10, 188–195, 2016.

SEVERO, E. de O.; BITTENCOURT, W. J. M.; FRANÇA, M. O. S. Desenvolvimento, análise físico-química e avaliação da atividade antifúngica de enxaguantes bucais contendo óleo e extrato de *Syzygium aromaticum* (cravo da Índia). **Brazilian Journal of Health Review**, 6(3), 11136–11157, 2023.

VALADAS, L. A. R.; GURGEL, M. F.; MORORÓ, J. M.; FONSECA, S. G. C.; FONTELES, C. S. R.; CARVALHO, C. B. M.; FECHINE, F. G.; NETO, E. M. R.; FONTELES, M. M. F. et al. Dose-response evaluation of a copaiba-containing varnish against *streptococcus mutans* in vivo. **Saudi Pharmaceutical Journal**, 27, 363–367, 2019.

VASCONCELOS, K. R. F.; JUNIOR, V. F. V.; ROCHA, W. C.; BANDEIRA, M. F. C. L. Avaliação *in vitro* da atividade antibacteriana de um cimento odontológico à base de óleo-resina de *copaifera multijuga* Hayne; **Revista Brasileira de Farmacologia**, 2008.

VEIGA JUNIOR, Valdir F.; PINTO, Angelo C. O gênero *copaifera* L. **Química nova**, v. 25, p. 273-286, 2002.

VERAS, D. C. D.; LACERDA, G. M.; FORTE, F. D. S. Grupo de idosos como dispositivo de empoderamento em saúde: uma pesquisa-ação. **Interface-Comunicação, Saúde, Educação**, 26, e210528, 2022.

WORTHINGTON, H. V.; MAC DONALD, L.; POKLEPOVIC, P. T.; SAMBUNJAK, D.; JOHNSON, T. M.; IMAI, P.; CLARKSON, J. E. Home use of interdental cleaning devices, in addition to toothbrushing, for preventing and controlling periodontal diseases and dental caries. **Cochrane Database Syst Rev**. Apr 10;4(4), 2019.

YANG, Z.; HE, S.; WEI, Y.; LI, X.; SHAN, A.; WANG, J. Antimicrobial Peptides in Combination with Citronellal Efficiently Kills Multidrug Resistance Bacteria. **Phytomedicine**, 120, 155070, 2023.

HERRERA, D. R.; TAY, L. Y.; REZENDE, E. C.; KOZLOWSKI JR, V. A.; SANTOS, E. B. *In vitro* antimicrobial of phytotherapeutic *Uncaria tomentosa* against endodontic pathogens. **Jornal of Oral Science**, vol. 52, No. 3, 473-476, 2010.

ZOGHBI, M. G. B.; ANDRADE, E. H. A.; OLIVEIRA, J.; CARREIRA, L. M. M.; GUILHON, G. M. S. P. Yield and Chemical Composition of the Essential Oil of the Stems and Rhizomes of *Cyperus articulatus* L. Cultivated in the State of Pará, Brazil. **Journal of Essential Oil Research**, v. 18:1, p. 10-12, 2006.

ZOGHBI, M. G. B.; GUILHON, G. M. S.; ANDRADE, E. H. A.; & VILHENA, K. S. S. Química das espécies de *Cyperus* conhecidas como priprioca. **Priprioca: Um Recurso Aromático Do Pará**, 53–76, 2008.

# TENDÊNCIAS E DESAFIOS NA BIOECONOMIA NA AMAZÔNIA BRASILEIRA: MITIGAÇÃO DE AFLATOXINAS NA PRODUÇÃO DE *Bertholletia excelsa* Bonpl

Data de aceite: 02/10/2024

### Fátima Cristina Guerreiro Reale

Universidade Federal do Oeste do Pará  
(UFOPA)  
Santarém-Pará

CV: <http://lattes.cnpq.br/3787865044537553>  
ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-7561-3205>

### Cleomara Ramos Almeida

Universidade Federal do Oeste do Pará  
(UFOPA)  
Santarém-Pará

CV: <http://lattes.cnpq.br/2845327709062894>  
ORCID: <https://orcid.org/0009-0003-9348-5114>

### Beatriz Leite da Silva

Universidade Federal do Oeste do Pará  
(UFOPA)  
Santarém-Pará

CV: <http://lattes.cnpq.br/4510750646327220>  
ORCID: <https://orcid.org/0009-0000-6007-9812>

### Lucas José Mazzei de Freitas

Embrapa Amazônia Oriental  
Belém-Pará

CV: <http://lattes.cnpq.br/5795318631773924>  
ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-1757-9472>

**RESUMO:** A castanha-da-Amazônia, um importante produto do extrativismo na região amazônica, enfrenta desafios significativos relacionados ao manejo inadequado, o que favorece a contaminação por micotoxinas, especialmente as aflatoxinas. Reconhecidas por seu alto potencial toxigênico, as aflatoxinas estão associadas a diversas patologias humanas, tornando essencial a abordagem dessa problemática. O presente estudo tem como objetivo investigar as tendências emergentes e os desafios na implementação da bioeconomia na Amazônia, com foco específico na mitigação das aflatoxinas na produção da castanha-da-Amazônia. A pesquisa foi fundamentada em um levantamento bibliográfico abrangente, utilizando fontes como o portal da CAPES, SCIELO Brasil, Google Acadêmico e Science Direct, que incluem dissertações, teses, artigos científicos e periódicos. A análise das informações destaca a urgência de adotar medidas que reduzam os riscos de contaminação por aflatoxinas em toda a cadeia produtiva, desde a coleta até o processamento final, enfatizando a importância da implementação de boas práticas agrícolas e de manejo.

**PALAVRAS-CHAVE:** Castanha-da-Amazônia, micotoxina, *Aspergillus*.

# TRENDS AND CHALLENGES IN THE BRAZILIAN AMAZON BIOECONOMY: MITIGATION OF AFLATOXINS IN THE PRODUCTION OF *Bertholletia excelsa* Bonpl

**ABSTRACT:** The Brazil nut, an important product of extractivism in the Amazon region, faces significant challenges related to inadequate handling, which favors contamination by mycotoxins, especially aflatoxins. Recognized for their high toxic potential, aflatoxins are associated with various human pathologies, making it essential to address this issue. This study aims to investigate emerging trends and challenges in implementing the bioeconomy in the Amazon, with a specific focus on mitigating aflatoxins in Brazil nut production. The research is based on a comprehensive bibliographic survey utilizing sources such as the CAPES portal, SCIELO Brazil, Google Scholar, and Science Direct, which include dissertations, theses, scientific articles, and journals. The analysis of the information highlights the urgency of adopting measures to reduce aflatoxin contamination risks throughout the entire production chain, from harvesting to final processing, emphasizing the importance of implementing good agricultural and handling practices.

**KEY WORDS:** *Aspergillus*, Brazil nuts, mycotoxin.

## 1. INTRODUÇÃO

A castanha-da-Amazônia (*Bertholletia excelsa* Bonpl.) destaca-se pela sua importância social, ecológica e econômica. Sua distribuição abrange florestas em países como Venezuela, Colômbia, Peru, Bolívia e Guiana, embora as densas formações estejam concentradas principalmente no Brasil (Lorenzi, 2000; Sá et al., 2008; Scoles et al., 2016; Salomão, 2009). Neste capítulo adotamos o nome castanha-da-Amazônia, em virtude da alta variedade de denominações populares atribuídas à espécie, como “castanha-do-Pará”, “castanha-do-Brasil”, “castanha-do-Acre” e “*Brazil nuts*”.

A espécie pertence à família *Lecythidaceae*, é uma árvore nativa imponente da região amazônica, pode atingir alturas superiores a 60 metros, com diâmetros na base que ultrapassam os quatro metros. O fruto, conhecido popularmente como “ouriço”, é uma cápsula esférica e ligeiramente achatada, com uma casca lenhosa e resistente, variando em peso entre 200 g e 1,5 kg, abriga em seu interior uma média de 18 sementes (Muller et al., 1995), que são uma rica fonte de ácidos graxos essenciais, proteínas, fibra, ácido fólico e oligoelementos, especialmente selênio (Kornsteiner; Wagner; Elmadfa, 2006; Pacheco e Scussel, 2007; Baquião, 2013).

A *Bertholletia excelsa* apresenta diversas aplicações, incluindo o uso de seu óleo com propriedades emolientes, nutritivas e lubrificantes, sendo muito utilizado pela indústria de cosméticos e dermocosméticos (Pastore et al., 2005). A torta, subproduto da prensagem das castanhas na produção de óleo, é aproveitada na culinária por seu alto valor nutricional (Gloria et al., 2000). Além disso, o ouriço é utilizado no artesanato da região. A castanha-da-Amazônia se destaca como uma importante fonte de benefícios sociais, econômicos e ambientais para a região de origem. Ela sustenta uma economia conectada a milhares de

famílias de extrativistas e agricultores, desempenhando um papel crucial no sustento das comunidades amazônicas (Sá et al., 2008; Homma, 2012).

A cadeia produtiva se estrutura por meio de uma complexa rede de pequenos negócios comunitários espalhados pela Amazônia. Esses negócios, aliados a intermediários, empresas compradoras, indústrias, atacadistas, varejistas e instituições de pesquisa e serviços, formam uma cadeia de valor sólida. Quando organizada de forma eficiente, essa cadeia pode impulsionar o desenvolvimento econômico e contribuir para o avanço da bioeconomia brasileira (Viteri et al., 2023).

Atualmente, a produção global de castanha-da-Amazônia concentra-se em três países: Bolívia, Peru e Brasil, responsáveis por aproximadamente 70% das exportações mundiais desse produto (Santos; Sena; Rocha, 2010). No entanto, as exportações brasileiras têm apresentado uma tendência de queda constante desde a década de 1990. Esse declínio é atribuído a diversos fatores, como problemas nas exportações (Ribeiro et al., 2023), a conversão de áreas de castanhas nativas em cultivos agropecuários (Santos et al., 2010), além da contaminação por fungos produtores de aflatoxinas (AFLs) (Martins Junior et al., 2011).

Em 1989, o governo dos Estados Unidos impôs uma proibição temporária à importação da castanha-da-Amazônia devido a preocupações com a contaminação por aflatoxinas. Para assegurar a segurança alimentar, a Resolução brasileira RDC nº 274, de 15 de outubro de 2002, do Ministério da Saúde em cooperação com a Agência Nacional de Vigilância Sanitária (ANVISA), estabeleceu limites máximos tolerados para as toxinas AFB<sub>1</sub> + AFG<sub>1</sub>: 10 µg/kg para castanhas sem casca destinadas ao consumo direto e 15 µg/kg para as que passarão por processamento (Kato et al., 2016).

As aflatoxinas são metabólitos secundários cancerígenos produzidos por fungos filamentosos, como *Aspergillus flavus*, *A. parasiticus* e *A. nomius* (IARC, 1993; Bok & Keller, 2004; Yu et al., 2005). Essas substâncias apresentam efeitos tóxicos em seres humanos e animais, com efeitos que podem ser agudos, mutagênicos, neoplásicos e teratogênicos (Groopman et al., 1988; Harrison et al., 1993). A ingestão de aflatoxinas pode levar ao desenvolvimento de condições clínicas sérias, que variam conforme a espécie afetada, seja animal ou humana (Amaral & Machinski, 2006).

Por seu elevado teor de lipídios e proteínas, a castanha-da-Amazônia é um excelente substrato para a produção de grandes quantidades de micotoxinas. A contaminação pode ocorrer em várias etapas, desde o campo até o transporte e armazenamento do produto (Caldas et al., 2002).

Diante desse cenário, o presente artigo de revisão bibliográfica teve como objetivo analisar as tendências e desafios na aplicação da bioeconomia na Amazônia, com foco na mitigação das aflatoxinas na produção de castanha-da-Amazônia. Pretende-se fornecer uma visão abrangente e atualizada sobre a interseção desses temas críticos.

## 2. MATERIAL E MÉTODOS

O levantamento bibliográfico fundamenta-se em conteúdos técnico-científicos disponíveis nos seguintes recursos: portal dos periódicos da CAPES (Coordenação de Aperfeiçoamento do Pessoal do Ensino Superior), utilizamos o método de busca avançada nas coleções e acervos como: SCIELO Brasil (*Scientific Eletronic Library online*), *Science Direct* e *Web of Science Pratform*. As palavras de busca em português selecionadas foram “*Bertholletia excelsa*”, “aflatoxinas”, “micotoxina”, e “castanha-da-Amazonia” e na língua inglesa “*Brazil nuts*” e “*mycotoxin*” combinadas com os operadores booleanos (Boole, 1847) “and” e “or” para refinar os resultados e ampliar a abrangência da pesquisa. O levantamento abrangeu bibliotecas e repositórios digitais e *Google scholar*. Os dados são provenientes de dissertações, teses, artigos científicos e livros.

## 3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

O principal desafio associado ao sistema tradicional de coleta da castanha-da-Amazônia (*B. excelsa*) refere-se às condições sanitárias do produto final, em especial à contaminação por aflatoxinas. Para enfrentar essa questão, é imprescindível implementar modificações em todas as fases da cadeia produtiva. Castrillón e Purchio (1988) evidenciam, em seus estudos, os impactos negativos da trajetória comercial sobre a qualidade da castanha, apontando que fatores como atrito durante o transporte, condições climáticas adversas e volume pluviométrico durante a colheita favorecem a contaminação. Os autores também destacam o papel significativo dos fungos filamentosos saprófitos nesse processo. Esses achados ressaltam a urgência de aprimorar a gestão da cadeia produtiva, a fim de mitigar os impactos negativos sobre a qualidade da castanha-da-Amazônia.

Em suas investigações sobre os danos causados às amêndoas, Bitencourt (1949) identificou várias espécies fúngicas, destacando a presença de *Aspergillus flavus*. Almeida e Azevedo (1950) ressaltaram a sensibilidade das castanhas à ação dos fungos do gênero *Aspergillus*, especificamente as espécies *A. flavus* e *A. orizae*. Posteriormente, Lin (1976) isolou culturas de *A. flavus*, enfatizando a prevalência de *A. parasiticus*, um fungo conhecido por produzir aflatoxinas. Esses estudos sublinham a importância de entender a dinâmica da infestação fúngica, fornecendo entendimentos valiosos para o desenvolvimento de estratégias de controle e preservação da qualidade dos produtos.

Os primeiros registros sobre problemas relacionados à segurança toxicológica da castanha-da-Amazônia surgiram na década de 1960, quando foi identificada a “podridão da castanha”, causada por fungos do gênero *Aspergillus*, e passou a enfrentar medidas restritivas após um incidente ocorrido em 1960, na Inglaterra, em parte devido à sua origem brasileira (Almeida, 1963; Lira, 1976; Martins, 2010).

A contaminação por fungos toxigênicos do gênero *Aspergillus* representa um dos maiores desafios enfrentados por toda a cadeia produtiva, impactando diversas sementes comestíveis, como amendoim, sorgo, milho, noz, avelã, pistache e amêndoa (Passone et al., 2012; Bennett e Klisch, 2003; Gallo et al., 2016). Esses fungos, que produzem aflatoxinas, têm potencial prejudicial à saúde humana e animal (Bennett e Klisch, 2003; Cast, 2003). Em decorrência desses riscos, há restrições comerciais para produtos contaminados com aflatoxinas (ANVISA, 2011), resultando em perdas econômicas significativas (Cast, 2003; Passone et al., 2012). O controle efetivo da produção dessas toxinas em alimentos permanece um desafio importante, destacando a necessidade contínua de medidas rigorosas para garantir a segurança alimentar e minimizar os impactos econômicos negativos (Olsen et al., 2008).

As condições climáticas da região Amazônica podem favorecer a infecção e a proliferação de microrganismos nos frutos da castanheira (Martins Junior et al., 2011). A temperatura média anual na Amazônia varia de 24 a 27°C, com precipitação pluvial média entre 1.400 e 2.800 mm/ano, e a umidade relativa do ar geralmente ultrapassa 80% (EMBRAPA, 2008). Além disso, as condições de armazenamento podem favorecer a colonização por esses invasores, pois a temperatura durante o armazenamento normalmente oscila entre 26,2 e 28 °C, a atividade de água (Aa) varia entre 0,50 e 0,83, e a umidade relativa das castanhas varia de 2,4% a 18,9% (Santos et al, 2013). Outros estudos indicam que as condições de armazenamento e processamento podem atingir até 30°C, com umidade relativa do ar entre 80% e 97%, mantendo-se nessas condições por longos períodos (Arrus et al., 2005).

A exposição a micotoxinas tem sido uma preocupação constante na comunidade acadêmica e nas autoridades sanitárias globalmente. A contaminação pode ocorrer diretamente pela ingestão frequente de produtos agrícolas contaminados, como cereais e frutas, ou indiretamente por meio do consumo de produtos de origem animal alimentados com ração contaminada (Paterson; Lima, 2010). A atenção científica e as políticas públicas voltadas para garantir a segurança alimentar concentram-se, em grande parte, nas micotoxinas reconhecidas como tóxicas a diferentes órgãos e processos metabólicos, além de possuírem características carcinogênicas. O problema da contaminação por micotoxinas tem sido persistente em todo o mundo, com cerca de 25% das safras agrícolas identificadas como contaminadas ao longo dos anos (Ribeiro et al., 2020).

A detecção de fungos prejudiciais em alimentos, especialmente em grãos armazenados adequadamente, não implica automaticamente em um risco imediato para o consumo. Assim como a ausência de fungos em alimentos suspeitos não garante a ausência de micotoxinas. Mesmo que o fungo não esteja presente, a toxina pode estar ativa (Pitt, 2009; Osborne, 1982). Nos últimos dez anos, pesquisas intensivas têm sido essenciais para aprimorar a compreensão dos potenciais efeitos das aflatoxinas (AFLs) na saúde humana. Experimentos que avaliam a atividade biológica e os efeitos moleculares

da aflatoxina B1 (AFB1) em células hepáticas têm sido especialmente relevantes, além de sua aplicação em estudos populacionais (Oliveira e Germano, 1997).

Estudos de Calderari et al. (2013) na cadeia produtiva da castanha-da-Amazônia revelaram variações significativas nos níveis de aflatoxinas. Amostras coletadas na floresta apresentaram 18,10 µg/kg, enquanto nas plantas de processamento, antes da classificação, registrou-se 71,91 µg/kg, e após a classificação, 80,63 µg/kg. No supermercado, as amostras obtiveram 0,98 µg/kg, enquanto no mercado de rua, as castanhas com casca alcançaram 139,56 µg/kg, e as sem casca, 151,14 µg/kg. Esses resultados confirmam que as etapas de seleção e classificação reduzem, mas não eliminam completamente as aflatoxinas, garantindo uma melhoria na qualidade da castanha-da-Amazônia.

Pesquisas conduzidas por Ferreira, Helder et al. (2006) destacam que a implementação de boas práticas agrícolas, de transporte, manufatura e de armazenamento continua sendo a estratégia mais eficaz para prevenir a contaminação de alimentos por aflatoxinas. O transporte das castanhas-da-Amazônia para as usinas de beneficiamento frequentemente ocorre durante o período chuvoso, criando condições propícias para o crescimento de fungos e aumentando o risco de contaminação por aflatoxinas (Martins et al., 2012).

Conforme Arrus et al. (2005), é crucial manter um controle adequado da temperatura e da umidade relativa do ar durante o armazenamento para prevenir o crescimento dos fungos responsáveis pela aflatoxina. Para assegurar alimentos de alta qualidade, com foco no controle de contaminantes, resíduos biológicos e químicos, o Brasil implementou o Projeto de Monitoramento e Controle de Micotoxinas na Castanha-da-Amazônia (BRASIL, 2002), juntamente com o Plano Nacional de Segurança e Qualidade dos Produtos de Origem Vegetal (PNSQV) (BRASIL, 2003).

Para prevenir a contaminação por aflatoxinas nas castanhas-da-Amazônia, a Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária (Embrapa) desenvolveu boas práticas no manejo da castanha, que incluem cuidados desde a coleta na floresta até a fase de beneficiamento do produto. É crucial minimizar o tempo de contato dos frutos com o solo, pois isso aumenta o risco de contaminação.

A pré-seleção das castanhas durante a quebra e cuidados no armazenamento também são recomendados (Brasil, 2012). A Embrapa promove a implementação do sistema de Análise de Perigos e Pontos Críticos de Controle (APPCC) no setor produtivo, que identifica e controla os pontos mais vulneráveis à contaminação ao longo da cadeia produtiva, desde a coleta até o consumo. Esse sistema é recomendado pela Organização Mundial do Comércio (OMC), é obrigatório para a entrada de castanhas-da-Amazônia na Europa e nos Estados Unidos, e está aprovado pelo *Codex Alimentarius* (Martins, 2010).

## 4. CONCLUSÃO

A contaminação por aflatoxinas na castanha-da-Amazônia é um desafio que requer atenção cuidadosa em todas as etapas da cadeia produtiva. Os dados analisados demonstram que fatores como armazenamento inadequado, condições climáticas e práticas de transporte inadequadas aumentam o risco de proliferação de fungos patogênicos. Embora haja avanços nas estratégias de manejo, como a implementação de boas práticas agrícolas e de controle de micotoxinas, a eliminação total das aflatoxinas ainda é um objetivo a ser alcançado. A cooperação entre produtores, instituições de pesquisa e órgãos governamentais é essencial para estabelecer protocolos eficazes que garantam a qualidade e a segurança do produto final. A educação e a conscientização sobre os riscos associados às aflatoxinas e as melhores práticas devem ser priorizadas para fortalecer a cadeia produtiva. Por fim, ao mitigar os riscos de contaminação, não apenas se preserva a saúde pública, mas também se potencializa a valorização e a competitividade da castanha-da-Amazônia no mercado global, assegurando um futuro mais sustentável para a região.

## REFERÊNCIAS

- ALMEIDA, F.; AZEVEDO, P. C. O gênero *Aspergillus* e a podridão da castanha-do-Pará. *Pará Médico*, Belém, v. 50, p. 1-3, jan./mar.1950.
- ALMEIDA, S. R.; AZEVEDO, A. Sensibilidade de frutos a fungos do gênero *Aspergillus*. *Revista de Patologia Vegetal*, v. 12, n. 1, p. 45-58, 1950.
- ALMEIDA, C. P. Castanha-do-Pará, sua exportação e importância na economia amazônica. SAI n. 19. Rio de Janeiro: Ministério da Agricultura, 86 p. 1963.
- AMARAL, K. A. S.; MACHINSKI JUNIOR, M. Métodos analíticos para determinação de aflatoxinas em milho e seus derivados: uma revisão. *Revista Analítica*, São Paulo, v. 24, p. 56-58, ago./set. 2006.
- ARRUS, K.; BLANK, G.; ABRAMSON, D.; CLEAR, R.; HOLLEY, R. Aflatoxin production by *Aspergillus flavus* in Brazil nuts. *Journal of Stored Products Research*, v. 41, p. 513-527, 2005.
- ARRUS, K.; BRANCO, G.; CLARO, R.; HOLLEY, R. A.; ABRAMSON, D. Microbiological and aflatoxin evaluation of Brazil nut pods and the effects of unit processing operations. *Journal of Food Protection*, v. 68, p. 1060-1065, 2005.
- BAQUIÃO, A. C.; DE OLIVEIRA, M. M.; REIS, T. A.; ZORZETE, P.; ATAYDE, D. D.; CORREA, B. Monitoring and determination of fungi and mycotoxins in stored Brazil nuts. *Journal of Food Protection*, v. 76, n. 8, p. 1414-1420, 2013. DOI: 10.4315/0362-028X.JFP-13-005.
- BENNETT, J. W.; KLICH, M. Mycotoxins. *Clinical Microbiology Reviews*, v. 16, n. 3, p. 497-516, 2003.
- BITENCOURT, A. A. Podridões da castanha do Pará. *Biológico*, São Paulo, v. 7, p. 303-312, 1949.

BOK, J. W.; KELLER, N. P. A regulator of secondary metabolism in *Aspergillus* spp. *Eukaryotic Cell*, v. 3, p. 527-535, 2004.

BOOLE, G. *The mathematical analysis of logic: being an essay towards a calculus of deductive reasoning*. Cambridge: Macmillan, 1847.

BRASIL. *Plano Nacional de Segurança e Qualidade dos Produtos de Origem Vegetal*. Brasília: Ministério da Saúde, 2003.

BRASIL. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. Instrução Normativa nº 10, de 31 de julho de 2003. *Diário Oficial da União*, 2003.

BRASIL. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. *Projeto de Monitoramento da Castanha do Brasil: Relatório de Atividades*. Brasília, 2002. 110 p.

BRASIL. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. *Projeto de Monitoramento da Castanha do Brasil: Relatório de Atividades*. Brasília, DF: 110 p. 2002.

BRASIL. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. *Série boas práticas de manejo para o extrativismo sustentável orgânico*. Brasília, DF: MAPA, 2012.

CALDAS, E. D.; SILVA, S. C.; OLIVEIRA, J. N. Aflatoxinas e ocratoxina A em alimentos e riscos para a saúde humana. *Revista de Saúde Pública*, v. 36, p. 319-323, 2002.

CALDERARI, T. O. et al. The biodiversity of *Aspergillus* section Flavi in Brazil nuts: from rainforest to consumer. *International Journal of Food Microbiology*, v. 3, p. 267-272, 2013.

CAST – COUNCIL FOR AGRICULTURAL SCIENCE AND TECHNOLOGY. In: RICHARD, J. L.; PAYNE, G. A. (Ed.). *Mycotoxins: Risks in Plant, Animal and Human Systems*. Iowa, USA: Task Force Report, n. 139, 2003.

CASTRILLÓN, A. L.; PURCHIO, A. Fungos contaminantes e produtores de aflatoxinas em castanha do Pará (*Bertholletia excelsa* HUMB. & BONPL 1808). *Acta Amazonica*, v. 18, p. 173-183, 1988.

DOS SANTOS, J. C.; SENA, A. L. S.; DA ROCHA, C. I. L. *Competitividade brasileira no comércio internacional de castanha-do-brasil*. 2010.

DOS SANTOS, T. C.; ALVARES, V. D. S.; DACOSTA, D. A.; MADRUGA, A. L. S. Qualidade microbiológica da castanha-do-Brasil seca durante o armazenamento com ventilação forçada., 2013.

EMBRAPA - EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA. *Castanha-do-Brasil (Bertholletia excelsa Humb. & Bonpl.)*. Manaus: Embrapa Amazônia Ocidental, v. 60, 2008. 22 p.

FERREIRA, H.; PITTMER, E.; SANCHES, H. F.; MONTEIRO, M. C. Aflatoxinas: um risco à saúde humana e animal. *Ambiência*, v. 2, n. 1, p. 113-127, 2006.

GALLO, A.; SOLFRIZZO, M.; EPIFANI, F.; PANZARINI, G.; PERRONE, G. Effect of temperature and water activity on gene expression and aflatoxin biosynthesis in *Aspergillus flavus* on almond medium. *International Journal of Food Microbiology*, v. 217, p. 162-169, 2016.

- GLORIA, M. M.; REGITANO-D'ARCE, M. A. B. *Concentrado e isolado protéico de torta de castanha-do-pará: obtenção e caracterização química e funcional*. 2000. Dissertação (Mestrado) – Universidade de São Paulo, Piracicaba.
- GROOPMAN, J. D.; CAIN, L. G.; KENSLER, T. W. Aflatoxin exposure in human populations: measurements and relationship to cancer. *CRC Critical Reviews in Toxicology*, v. 19, p. 113-145, 1988.
- HARRISON, J. C.; CARVAJAL, M.; GARNER, R. Does aflatoxin exposure in the United Kingdom constitute a cancer risk? *Environmental Health Perspectives*, v. 99, p. 99-105, 1993.
- HOMMA, A. K. O. Extrativismo vegetal ou plantio: qual a opção para a Amazônia? *Estudos Avançados*, v. 26, n. 74, p. 167-186, 2012. DOI: 10.1590/S0103-40142012000100012.
- KATO, C. G.; BRUGNARI, T.; DE FREITAS, E. N.; CORREA, V. G.; OLIVEIRA, R. F. A presença de aflatoxinas na castanha-do-Brasil (*Bertholletia excelsa* HBK): uma revisão. *Uningá Review*, v. 26, n. 2, 2016.
- KORNSTEINER, M.; WAGNER, K. H.; ELMADFA, I. Tocopherols and total phenolics in 10 different nut types. *Food Chemistry*, v. 98, n. 2, p. 381-387, 2006. DOI: 10.1016/j.foodchem.2005.07.033.
- LIRA, M. H. High incidence of aflatoxigenic fungi in Brazil nut. *Fitopatologia*, v. 11, p. 21, 1976.
- LIN, M. T.; DIANESE, J. C. A coconut-agar medium for rapid detection of anatoxin production by *Aspergillus* spp. *Phytopathology*, v. 66, p. 1466-1469, 1976.
- LORENZI, H. Árvores brasileiras: manual de identificação e cultivo de plantas arbóreas nativas do Brasil. 4. ed. São Paulo: Instituto Plantarum, 2000. 384 p.
- MARTINS JUNIOR, P. O.; SOUZA, V. Y. K.; CORREIA, A. F.; MATA, E. C. G.; KANZAKI, L. I. B. Fontes de contaminação microbiana da castanha-do-Pará. *Amazônia: Ciência & Desenvolvimento*, v. 6, n. 12, p. 21-30, 2011.
- MARTINS, M. Interação entre aflatoxinas, selênio e radioatividade em castanha-do-Brasil (*Bertholletia excelsa*). 2010. Dissertação (Mestrado) – Faculdade de Ciências Farmacêuticas da Universidade Federal do Amazonas, Manaus. Disponível em: <http://tede.ufam.edu.br/handle/tede/3716>. Acesso em: 28 set. 2024.
- MARTINS, L. M. O.; MARTINS, O. M. M.; MARTINS, W. J. O. Avaliação de parâmetros de qualidade de amêndoas de castanha-do-Brasil consumidas em Rio Branco-Acre. *Revista Brasileira de Produtos Agroindustriais*, v. 14, n. 2, p. 155-160, 2012.
- MULLER, C. H.; FIGUEIRÊDO, F. J. C.; KATO, A. K.; CARVALHO, J. E. U.; STEIN, R. L. B.; SILVA, A. B. *A cultura da castanha-do-Brasil*. Brasília: EMBRAPA-STI, 1995. Disponível em: <https://www.embrapa.br/busca-de-publicacoes/-/publicacao/387229/a-cultura-da-castanha-do-brasil>. Acesso em: 31 out. 2023.
- OLIVEIRA, C. A. F.; GERMANO, P. M. L. Aflatoxinas: conceitos sobre mecanismos de toxicidade e seu envolvimento na etiologia do câncer hepático celular. *Revista de Saúde Pública*, v. 31, n. 4, 1997.
- OLSEN, M.; JOHNSON, P.; MÖLLER, T.; PALADINO, R.; LINDBLAD, M. *Aspergillus nomius*, an important aflatoxin producer in Brazil nuts? *World Mycotoxin Journal*, v. 1, n. 2, p. 123-126, 2008.

OSBORNE, B. G. Mycotoxins and the cereal industry: a review. *Journal of Food Technology*, v. 17, p. 1-9, 1982.

PASSONE, M. A.; ROSSO, L. C.; ETCHEVERRY, M. Influence of sub-lethal antioxidant doses, water potential and temperature on growth, sclerotia, aflatoxins and aflD (= nor-1) expression by *Aspergillus flavus* RCP08108. *Microbiological Research*, v. 167, p. 470-477, 2012.

PASTORE, F. J.; ARAÚJO, V. F.; PETRY, A. C.; ECHEVERRIA, R. M.; FERNANDES, E. C. *Plantas da Amazônia para a produção cosmética: uma abordagem química - 60 espécies do extrativismo florestal não madeireiro da Amazônia*. Brasília: UnB, OIMT e FEPA D, 2005.

PATERSON, R. R. M.; LIMA, N. How will climate change affect mycotoxins in food. *Food Research International*, v. 42, n. 7, p. 1902-1914, 2010.

PITT, J. I. *Fungi and food spoilage*. 3 ed. 2009.

RIBEIRO, A. C.; DE BORBA, V. S.; RODRIGUES, M. H. P.; NOGUEIRA, W. V.; SIBAJA, K. V. M.; FURLONG, E. B. Capacitação de pessoal e seu papel na geração de relatórios sobre as demandas para mitigar o problema de micotoxinas / Treinamento de pessoal e seu papel na geração de informações sobre demandas para mitigar o problema de micotoxinas. *Revista Brasileira de Ciência Aplicada*, v. 4, n. 1, p. 176-185, 2020.

RIBEIRO, R. M.; DOS SANTOS, A. J.; DA SILVA, J. C. G. L.; FREGA, J. R.; TIMOFEICZYK JÚNIOR, R. Modelo analítico de competitividade de produtos florestais: aplicação ao caso da Castanha-do-Brasil. *Contribuciones a las Ciencias Sociales*, v. 16, n. 7, p. 5922-5942, 2023.

SÁ, C. P.; BAYMA, M. M. A.; WADT, L. H. O. Coeficientes técnicos, custo e rentabilidade para a coleta de castanha-do-brasil no Estado do Acre: sistema de produção melhorado. Rio Branco: Embrapa Acre, 2008. 4 p. (Comunicado Técnico, 168).

SALOMÃO, R. P. Densidade, estrutura e distribuição espacial de castanheira-do-brasil (*Bertholletia excelsa* H. & B.) em dois platôs de floresta ombrófila densa na Amazônia setentrional brasileira. *Boletim do Museu Paraense Emílio Goeldi. Ciências Naturais*, v. 4, n. 1, p. 11-25, 2009.

SCOLES, R.; CANTO, M. S.; ALMEIDA, R. G.; VIEIRA, D. P. Sobrevivência e frutificação de *Bertholletia excelsa* Bonpl. em áreas desmatadas em Oriximiná, Pará. *Floresta e Ambiente*, v. 23, p. 555-564, 2016.

VITERI, G.; MACHADO, A. G.; CARTAXO, C. D. C.; WADT, L. D. O. Cadeia de valor: histórico e mercado atual. 2023.

YU, J.; CLEVELAND, T. E.; NIERMAN, W. C.; BENNETT, J. W. *Aspergillus flavus* genomics: gateway to human and animal health, food safety, and crop resistance to diseases. *Revista Iberoamericana de Micología*, v. 22, p. 194-202, 2005.

# EVOLUÇÃO TECNOLÓGICA DOS AGROTÓXICOS: HISTÓRIA, IMPACTOS E DESAFIOS

*Data de aceite: 02/10/2024*

### **Iize Caroline Gois Braga Pedroso**

Universidade Federal do Oeste do Pará  
(UFOPA)  
Santarém–Pará

CV: <http://lattes.cnpq.br/8375527746629274>  
ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-2426-656X>

### **Carlos José Sousa Passos**

Universidade de Brasília (UnB)  
Brasília–Distrito Federal

CV: <http://lattes.cnpq.br/6429611154970694>  
ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-0553-9342>

### **Luís Reginaldo Ribeiro Rodrigues**

Universidade Federal do Oeste do Pará  
(UFOPA)  
Santarém–Pará

CV: <http://lattes.cnpq.br/0179590731086217>  
ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-2849-0382>

**RESUMO:** O capítulo trata do histórico da evolução tecnológica dos agrotóxicos a partir dos impactos que causam e dos desafios inerentes à sua comercialização e uso. A abordagem envolve um breve histórico da progressão do homem relacionada à agricultura e ao advento dos agrotóxicos. Adentra-se ao impacto

ambiental e danos à saúde humana, evidenciando como são conhecidos e pesquisados os efeitos agudos e crônicos da dispersão e exposição aos compostos em todo o mundo. São elencadas as pressões e regulação internacional, dispoendo sobre as influências das principais normativas regulatórias regionais e nacionais, o conceito de unificação de padrões de limite máximo permitido, e a diferença entre o cenário de países desenvolvidos e os em vias de desenvolvimento. O mercado global de agrotóxicos e a indústria são abordados mencionando seus crescimentos, o oligopólio das empresas multinacionais do ramo, e a importância do investimento em pesquisa e desenvolvimento. As tecnologias e formas de aplicação recebem atenção pela evolução da inovação tecnológica, e das estratégias desenvolvidas visando minimizar impactos e desperdícios. O panorama dos agrotóxicos no contexto Brasil é elencado, considerando a preocupante classificação do país no consumo destes compostos no mundo. Através do trabalho compreende-se o avanço tecnológico dos agrotóxicos e o crescimento da demanda de uso. Há melhorias promissoras no desenvolvimento de compostos, inovações aliadas e estratégias de aplicação frente os primeiros

ingredientes ativos existentes. No entanto, é questionável se seria o suficiente, considerando as existentes alternativas sustentáveis de controle de pragas e doenças, e de produção alimentar. A harmonização global sobre padrões de segurança sobre a comercialização e uso de agrotóxicos é vista como urgente, devido aos efeitos deletérios universais que acarretam.

**PALAVRAS-CHAVE:** pesticidas, tecnologia, oligopólio, produção alimentar

## TECHNOLOGICAL EVOLUTION OF AGROCHEMICALS: HISTORY, IMPACTS AND CHALLENGES

**ABSTRACT:** This chapter discusses the history of the technological evolution of pesticides, based on the impacts they cause and the challenges inherent to their commercialization and use. The approach involves a brief history of the progression of man about agriculture and the advent of pesticides. The chapter also discusses the environmental impact and damage to human health, highlighting how the acute and chronic effects of dispersion and exposure to these compounds are known and researched worldwide. The chapter lists international pressures and regulations, discussing the influences of the main regional and national regulatory standards, the concept of unifying maximum allowable limit standards, and the difference between the scenarios of developed and developing countries. The global pesticide market and industry are discussed, mentioning their growth, the oligopoly of multinational companies in the sector, and the importance of investing in research and development. Technologies and application forms receive attention due to the evolution of technological innovation and the strategies developed to minimize impacts and waste. The panorama of pesticides in the context of Brazil is listed, considering the country's worrying ranking in the consumption of these compounds in the world. Through the work, the technological advancement of pesticides and the growth in demand for their use are understood. There are promising improvements in the development of compounds, allied innovations, and application strategies about the first existing active ingredients. However, considering the existing sustainable alternatives for pest and disease control and food production, it is questionable whether this would be enough. Global harmonization of safety standards for the marketing and use of pesticides is seen as urgent, due to the universal harmful effects they cause.

**KEYWORDS:** pesticidas, technology, oligopoly, food production

### 1. INTRODUÇÃO

No presente capítulo trata-se do tema “agrotóxicos”, caracterizando-os por uma tecnologia de ampla utilização em todo o mundo, envolvendo uma abordagem direcionada na compreensão e discussão dos impactos gerados e dos desafios circundantes ao seu uso. O texto é parte integrante da tese de doutorado da autora principal (ICGBP), intitulada provisoriamente: Avaliação de indicadores de saúde e efeitos genotóxicos em populações sob potencial de exposição ambiental a agrotóxicos no Oeste do Pará, Amazônia, Brasil, em desenvolvimento junto ao Programa de Pós-graduação Sociedade, Natureza e Desenvolvimento (PPGSND) da Universidade Federal do Oeste do Pará (UFOPA). O estudo macro objetiva avaliar possíveis efeitos adversos à saúde em populações sob o risco de

exposição ambiental aos agrotóxicos utilizados nas lavouras de grãos nos municípios de Santarém, Belterra e Mojuí dos Campos (i.e., região metropolitana de Santarém) Oeste do Pará, na Amazônia Brasileira.

A agricultura é uma atividade fundamental para a sobrevivência humana e para a sustentação do estilo de vida moderno. A domesticação de plantas e o domínio de técnicas agrícolas permitiram que os humanos se estabelecessem em locais de residência relativamente fixos e produzissem seus próprios alimentos, o que acarretou em rápidas mudanças no comportamento humano, estilo de vida e relações sociais, culminando com o desenvolvimento das civilizações (TAUGER, 2011). Durante a progressão histórica da humanidade, deu-se, por conseguinte, o avanço tecnológico e crescimento da agricultura, tendo como um de seus capítulos mais emblemáticos, o desenvolvimento e uso de agrotóxicos para o controle de pragas e doenças nas lavouras (TUDI *et al.*, 2021).

Na antiguidade, registra-se o uso do enxofre elementar e de sulfetos como os primeiros compostos naturais que funcionam como agrotóxicos. A partir de 1500 dc, o mercúrio (Hg) e o arsênio (As) são mencionados na prática de defesa agrosanitária (ABUBAKAR *et al.*, 2020). Entretanto, a partir da década de 1940 é que se observa um salto tecnológico da indústria química na produção dos agrotóxicos sintéticos, sendo estes mais eficazes e economicamente mais viáveis do que os naturais, a exemplo do diclorodifenil-tricloroetano (DDT) (ABUBAKAR *et al.*, 2020). O uso dos numerosos agrotóxicos, incluindo-se inseticidas, herbicidas e fertilizantes, tornou-se essencial para a produção de alimentos convencionais no planeta desde a revolução verde. Essas substâncias constituem uma tecnologia em evolução que revolucionaram a agricultura, elevando a produtividade por meio do aumento no rendimento das colheitas e redução das perdas (SHATTUCK, 2021).

No entanto, apesar desse efeito positivo na sociedade, o que certamente contribuiu para o desenvolvimento da indústria agroquímica e popularização do uso dos defensivos agrícolas em escala global, não custou para que os riscos e os impactos danosos ao meio ambiente e saúde humana provocados pela poluição associada ao uso de agrotóxicos, fossem evidenciados cientificamente e se tornassem um dos maiores dilemas da sociedade moderna em todo o mundo. Para abordar a evolução tecnológica dos agrotóxicos é importante elencar os fatores que constituem e impulsionam tal evolução, a considerar como os princípios ativos se tornaram mais seguros e eficazes, embora ainda possuam desafios que requerem aperfeiçoamentos e mudanças.

## **2. IMPACTO AMBIENTAL E DANOS À SAÚDE HUMANA**

O livro “Primavera Silenciosa” de Rachel Carson, originalmente publicado em 1962, marcou o início das discussões sobre os efeitos nocivos da utilização de agrotóxicos e como estes atingem áreas e organismos não alvo, levando a perda de biodiversidade e a danos aos componentes abióticos (ABUBAKAR *et al.*, 2020). Essas substâncias causam

efeitos adversos a curto e longo prazo ao meio ambiente e à saúde humana. Na saúde, são pelas vias inalatória, oral e dérmica que os indivíduos são expostos a um ou mais compostos, o que no caso de mais de um, influencia diretamente no aumento do risco de toxicidade pela sinergia. O grau de exposição também é variado, podendo ocorrer por via alimentar, ocupacional e ambiental (OGA; CAMARGO; BATISTUZZO, 2014).

De modo geral, a exposição humana aos agrotóxicos pode causar intoxicação aguda, que é caracterizada pela exposição em um curto período de tempo em contato com a substância, geralmente em alta concentração, ou crônica, envolvendo longo período de tempo e contato com a substância em baixa concentração. Ambas podem afetar diretamente e, muitas vezes, de forma irreversível a saúde, e em casos graves podem inclusive ocasionar óbito (DAMALAS; KOUTROUBAS, 2016). Nos Estados Unidos da América (EUA), na Austrália e na França, vários estudos demonstram evidências sobre a relação entre a exposição ocupacional e o risco aumentado de sérias manifestações clínicas respiratórias, asma e bronquite crônica em trabalhadores da indústria de agrotóxicos e agricultores (MAMANE *et al.*, 2015). Pesquisas realizadas em diversos países correlacionam a exposição a agrotóxicos com variados quadros de doenças, tais como distúrbios reprodutivos e respiratórios, cânceres, doença de Parkinson, doença cardiovascular, doença de Alzheimer, dentre outros distúrbios do neurodesenvolvimento, muito em decorrência dos efeitos nocivos que podem afetar funcionalmente o sistema imunológico e o sistema nervoso central (GANGEMI *et al.*, 2016; RANI *et al.*, 2021).

No meio ambiente, os resíduos de agrotóxicos também apresentam potencial risco indireto à saúde humana e podem ocasionar desequilíbrios ecológicos, desestruturação e redução da biodiversidade, comprometimento da qualidade do ar, assim como contaminação do solo e de corpos d'água (FRYDAY; TIEDE; STEIN, 2015). Nos EUA e na Europa variados resíduos de agrotóxicos foram encontrados em águas superficiais, e investigações relacionam essa disposição de resíduos com a degradação de ecossistemas aquáticos (SOUZA *et al.*, 2020).

Vários estudos evidenciam que a contaminação do solo por resíduos de agrotóxicos afeta a composição de microrganismos e, assim como ocorre com a água, deteriora a fauna e a flora com potencial de afetar a saúde humana após adentrar na cadeia alimentar (RANI *et al.*, 2021). Casos graves de exposição e intoxicação por agrotóxicos vêm sendo investigados e evidenciados em todo o mundo (WUIJTS *et al.*, 2021). Os efeitos deletérios que estes compostos causam ao meio ambiente e à saúde humana implicam uma forte demanda para a sociedade e órgãos governamentais na regulamentação, vigilância e mitigação dos seus efeitos adversos (WUIJTS *et al.*, 2021).

A legislação ambiental relativa aos agrotóxicos varia em escala regional ou nacional (HANDFORD; ELLIOTT; CAMPBELL, 2015). A proibição do uso de determinados agrotóxicos muito se deve às pressões exercidas por movimentos ecologistas, bem como

pesquisas que evidenciaram graves efeitos adversos à biodiversidade e à saúde pública. A proibição do inseticida organoclorado DDT em países desenvolvidos, por exemplo, deve-se ao movimento ambientalista que influenciou leis antipoluição criadas em decorrência da popularização do livro “Primavera Silenciosa” (VAN EMDEN; PEAKALL; ICIPE, 1996).

Outro marco importante na história dos agrotóxicos envolve a proibição dos inseticidas neonicotinoides em 2018 na Europa, após ser comprovado que seu uso reduz as colônias de abelhas (FRYDAY; TIEDE; STEIN, 2015). Em 2023, a União Europeia estabeleceu medida mais rígida ao banir exceções sobre o uso de neonicotinoides, uma vez que a flexibilização chegou a ocorrer na França. O panorama da proibição e uso de determinadas substâncias é bem diferente entre países desenvolvidos, como os EUA e integrantes da União Europeia, e países emergentes como o Brasil e a Índia, nos quais é necessário o fortalecimento da estrutura regulatória e a aplicação da conformidade e monitoramento (SARKAR *et al.*, 2021).

No Sri Lanka, a regulamentação de agrotóxicos foi influenciada pela ocorrência de casos de morte devido à intoxicação aguda por estes compostos (ROBERTS *et al.*, 2003). As regulamentações sofrem alterações e, na maioria dos casos, conseguem banir substâncias pelos efeitos deletérios que causam. No entanto, rapidamente outro composto, não necessariamente mais seguro, é inserido como alternativa na prática agrícola. A substituição acontece até que as implicações sejam comprovadas e, enquanto se dá o processo, segue ocorrendo o ciclo maior de exposição às substâncias de alta toxicidade e seus efeitos (ROBERTS *et al.*, 2003).

De modo geral, a Organização das Nações Unidas para Agricultura e Alimentação (FAO), na década de 1980, instituiu o Código Internacional de Conduta sobre a Distribuição e Uso de Agrotóxicos, ocorrendo a última atualização do documento em 2014. Demais instrumentos internacionais buscam auxiliar no manejo dessas substâncias como o Programa de Agrotóxicos da Organização para Cooperação e Desenvolvimento Econômico (OCDE) e o Acordo Sanitário e Fitossanitário da Organização Mundial do Comércio (HANDFORD; ELLIOTT; CAMPBELL, 2015). Alterações ocorreram entre países que aderiram a determinadas normativas, como o caso do México que, inicialmente, juntou-se aos EUA e ao Canadá no Acordo de Livre Comércio da América do Norte (NAFTA) em 1994. No entanto, os dois últimos saíram e aderiram à OCDE em 2011.

Nos últimos anos, ações internacionais também têm sido incentivadas através de tratativas entre a Organização Mundial da Saúde (OMS), a FAO e o Programa das Nações Unidas para o Meio Ambiente, visando embasar alternativas às leis regulatórias governamentais, como o manejo integrado de pragas, na busca por formas mais eficientes de lidar com os agrotóxicos, em específico os considerados persistentes (HANDFORD; ELLIOTT; CAMPBELL, 2015; ROBERTS *et al.*, 2003).

A posição internacional sobre as normativas que envolvem agrotóxicos reflete a tentativa desafiadora de estabelecer uma harmonização global e, no melhor dos cenários,

a unificação das formas de delimitação do uso destes compostos através, por exemplo, da padronização mundial dos limites máximos de resíduos e das estratégias que englobam o comércio. À posição nacional de cada país, caberia então propiciar efetivas estratégias de incentivo por meio de suas regulamentações, na tentativa de minimizar os danos à saúde e ao meio ambiente.

### 3. MERCADO GLOBAL E INDÚSTRIA

Nas duas últimas décadas, junto ao crescimento da população mundial, a produção de agrotóxicos cresceu na mesma tendência (FISHEL; FERRELL, 2013; TUDI et al., 2021). Nas décadas de 1980 e 1990, o mercado global de agrotóxicos cresceu apenas 2% (PRETTY; BHARUCHA, 2015). Desde o início do século XXI até 2022, o valor das importações globais de agrotóxicos obteve um aumento de cerca de 350%, enquanto a área cultivada global aumentou 12% até 2019 (FAOSTAT, 2024). A quantidade, os produtos, dados de mercado e intensidade do uso de agrotóxicos são informações reconhecidamente difíceis de serem obtidas sob acesso confiável e regular. Muito se deve à inconsistência entre as formas de registrar informações, variando por país e a depender da austeridade do órgão que realiza o levantamento (SCHREINEMACHERS; TIPRAQSA, 2012).

Para a obtenção de dados, organizações como a FAO, empresas de pesquisa de mercado, algumas agências governamentais e a própria indústria são as fontes que reúnem dados sobre o uso e o comércio global de agrotóxicos (BERNHARDT; ROSI; GESSNER, 2017). Os processos de produção, formulação e seleção de substâncias químicas são diferentes a depender da exigência de mercado ao qual o composto está direcionado e, em muitos países, produtos fraudulentos ainda conseguem permanecer comercializados, com garantia de estoque e sem efetivo controle de qualidade (POPP; PETÓ; NAGY, 2013). Como um dos fatores relacionados à evolução tecnológica, a qualidade das substâncias deve ser considerada, junto à qualidade da rotulagem e do recipiente.

Cerca de 30% dos agrotóxicos inseridos no mercado de países em vias de desenvolvimento e/ou emergentes não correspondem aos critérios e padrões de qualidade comumente aceitos em âmbito internacional (POPP; PETÓ; NAGY, 2013). Há percepções que buscam compreender a relação entre evolução tecnológica de agrotóxicos frente aos processos e à baixa qualidade em quantidade significativa do que é comercializado. Há quem atribua a correlação à dificuldade em realizar testes mais rigorosos com organismos, de forma que contemplem efetivamente os efeitos adversos. Outros simplesmente mencionam o custo baixo e a impunidade como principal fator. Ainda seria mais barato produzir em baixa qualidade, lucrativo também (MCINTYRE-BREWER, 2019).

No ano de 2019, as quatro maiores empresas do mercado global de agrotóxicos controlaram juntas 57% deste comércio. São elas Syngenta, Basf, Bayer CropScience e

Corteva (AGROPAGES, 2023). Além do controle no mercado, são comumente mencionadas pela prática de aparelhamento do estado, seja este em nação desenvolvida ou não. A Monsanto, também considerada gigante, por exemplo, possui um inegável impacto corporativo nos EUA (MCINTYRE-BREWER, 2019). Em países em vias de desenvolvimento e/ou emergentes, a influência corporativa é ainda mais incisiva. Com conotações que implicam em decisões políticas chave para abrandamentos em regulamentações, fiscalizações e controle químico industrial (ROBIN; SMITH; LASAGNA, 2008).

O desafio da harmonização global em padrões e limites sobre agrotóxicos, previamente mencionada, envolve ainda a face da influência corporativa de um mercado que movimentou US\$ 72,6 bilhões em 2021 (AGROPAGES, 2023). Seu modelo de comércio obtém mais lucro onde houver menor rigidez para se estabelecer, por exemplo, como em países que ainda comercializam substâncias há anos proibidas na União Europeia. Portanto, vê-se como questionável o interesse das gigantes empresas em almejar o estabelecimento de padrões de qualidade unificados em todo o globo (PELAEZ et al., 2016). Nesse sentido, o oligopólio das multinacionais dos agrotóxicos se mantém através da forma como incorporam empresas menores do ramo.

Em 2021, a China despontou com suas empresas ocupando doze lugares no ranking mundial das vinte com maiores vendas de agrotóxicos. Referente à taxa de crescimento, a gigante Fuhua obteve cerca de 126% de aumento, liderando a classificação (AGROPAGES, 2023). O crescimento da produção destes compostos desempenha papel fundamental na produtividade agrícola da China, bem como no mercado global, sendo o país que mais produz agrotóxicos e o principal exportador, respondendo por cerca de 25% da exportação global (CHEN et al., 2018).

Apesar da ascensão, o modelo industrial chinês de agrotóxicos carece de inovação. Estudos apontam baixo investimento em pesquisa e desenvolvimento (P&D) (HU et al., 2022). Em 2009, a indústria chinesa registrou cerca de vinte mil produtos, estes com base em apenas seiscentos princípios ativos. O modelo de negócios chinês é diferente dos vistos em multinacionais como a Bayer, que destinam alto investimento em P&D e articulações (CHEN et al., 2018). Investimento em inovação é considerado um caminho virtuoso para o desenvolvimento de ativos, produtos de menor toxicidade e de maior abrangência no controle de pragas. Além disso, especialmente, a inovação é determinante à competitividade comercial (HU et al., 2022).

Mesmo investindo em inovação, as empresas líderes do mercado de agrotóxicos possuem significativos desafios, como por exemplo a resistência das pragas aos princípios ativos já utilizados por muito tempo (SPARKS et al., 2019). É importante frisar que, definitivamente, os novos produtos disponíveis no mercado são mais eficazes que seus antecessores (UMETSU; SHIRAI, 2020). No entanto, há um longo caminho para que, mesmo com investimentos consideráveis em inovação, os produtos tenham a toxicidade minimizada sem perder a eficiência (REHMAN et al., 2016).

#### 4. TECNOLOGIAS E FORMAS DE APLICAÇÃO

A tecnologia moderna tem sido grande aliada da evolução dos agrotóxicos e da agricultura (REHMAN *et al.*, 2017). Maquinários, melhoramento genético de plantas e estratégias de aplicação integram a realidade dos sistemas de produção agrícola convencionais e, assim como os agrotóxicos, são atualmente indispensáveis às áreas de cultivo pela capacidade de aumentar a produtividade. Além disso, auxiliam no combate à disposição indiscriminada de agrotóxicos, minimizando desperdícios e a dispersão indireta dos princípios ativos até componentes do meio ambiente e organismos não alvo (THEROND *et al.*, 2017).

A cronologia do avanço tecnológico dos agrotóxicos precede a revolução verde. A teoria do melhoramento genético, por exemplo, foi abordada pela primeira vez em 1918, trazendo consigo o termo variância e a relevância de propriedades aditivas no que atualmente denominamos como cultivares (VISSCHER; GODDARD, 2019). Na década de 1930 era iniciada a pesquisa de produtos químicos para o controle de pragas e doenças. Nas duas décadas seguintes, houve a descoberta dos primeiros produtos químicos sintéticos e o desenvolvimento de novos produtos, incluindo herbicidas e fungicidas, bem como o melhoramento genético foi direcionado à introdução de novos genes nas plantas (HALLAUER; CARENA; MIRANDA FILHO, 2010; RHOADES, 1963).

No início da década de 1960, houve a forte introdução de novos produtos como inseticidas organofosforados e acaricidas (THEROND *et al.*, 2017). Neste período, a pulverização de agrotóxicos ocorria a partir de equipamentos rudimentares e menos precisos, utilizando-se de diversos ativos de alta toxicidade, hoje proibidos, como o caso do DDT. Havia grandes desafios para aumentar a produção de alimentos pela dificuldade em realizar o controle efetivo de pragas e doenças nas plantações, afetando a produtividade (SNELL, 1999).

A partir da revolução verde, houve a difusão de um crescente investimento em tecnologias de maquinários como tratores, semeadeiras e colheitadeiras, devido ao surgimento da demanda de mecanizar os processos produtivos (GRIFFIN, 1979). Houve também o processo de desenvolvimento de novos agrotóxicos na década de 1970, como a introdução dos carbamatos, de nematocidas e moluscicidas. Em 1980, foram desenvolvidos os piretróides, reguladores de crescimento de plantas e os produtos biológicos.

Simultaneamente ao desenvolvimento dos agrotóxicos, o setor agrícola se favorece pelas tecnologias de controle e correção do solo, com o uso de adubos e fertilizantes e a modernização de sistemas de irrigação, todos de alguma forma relacionados ao manejo e à dispersão de agrotóxicos (DWIVEDI; SONAWANE; PANDIT, 2022). Na década de 1990, surgiram os sistemas de pulverização eletrostática e o enfoque em um modelo de precisão, isto é, de aplicação localizada (APPAH *et al.*, 2019). A engenharia genética também avançou

com o desenvolvimento de sementes adaptáveis a depender, por exemplo, de fatores como clima e solo, pelos quais a modificação dos genes de plantas atribui a elas características específicas necessárias a um otimizado processo de desenvolvimento (NASEMED *et al.*, 2016). A partir da virada do século XXI, o marco na inovação sobre agrotóxicos se deu com base na introdução de novos produtos biotecnológicos, como os chamados biopesticidas (KALAITZANDONAKES; MARKS, 2000).

Nos últimos anos, as tecnologias aliadas à robótica produziram novos equipamentos, como drones, robôs e sensores que permitem realizar mapeamentos precisos, incluindo-se o manejo de ervas daninhas, o monitoramento da saúde da cultura e a estimativa de evapotranspiração, bem como a pulverização de agrotóxicos de acordo a necessidade da produção (DUTTA; GOSWAMI, 2020). Em uma perspectiva tecnológica, a agricultura de precisão é constantemente mencionada como a melhor alternativa para garantir eficiência relacionada ao uso de agrotóxicos. O manejo integrado de pragas também (BONGIOVANNI; LOWENBERG-DEBOER, 2004).

Considerada revolucionária, outra moderna ferramenta aliada à agricultura de precisão é a nanotecnologia. O desenvolvimento de agrotóxicos e fertilizantes em escala nanométrica representa um aumento na eficiência, uma vez que até mesmo os convencionais, quando nanoencapsulados, possuem liberação lenta, propiciando a dosagem ideal para as plantas e minimizando desperdícios e maiores dispersões (DUHAN *et al.*, 2017). Apesar das promissoras alternativas, países que não são tecnologicamente avançados possuem significativa dificuldade para acessar estas ferramentas, mais uma vez evidenciando a relevância do investimento em P&D, a deficiência de incentivos governamentais e a necessidade de assistência técnica especializada essencial aos cultivos.

## 5. AGROTÓXICOS NO BRASIL

O Brasil é um dos maiores exportadores de grãos do planeta (FAOSTAT, 2022), e desde 2008 reveza a liderança com os EUA no ranking de maior consumidor de agrotóxicos do mundo (EMBRAPA, 2024). A necessidade de regulamentação destes compostos iniciou a partir da década de 1960, decorrente de um crescente aumento na utilização (CAOVILLA; RENK; ZANCO, 2022). A legislação foi atualizada por diversas portarias e, posteriormente, pela Lei dos Agrotóxicos (Lei 7.802, de 11 de julho de 1989), após, alterada pela Lei 9.974, de 06 de junho de 2000 e regulamentada pelo Decreto 4.074 de 4 de janeiro de 2002, este último que traz adendos de priorização aos produtos de baixa toxicidade (TEJERINA *et al.*, 2018).

No Brasil, os agrotóxicos são definidos como “os produtos e agentes de processos físicos, químicos ou biológicos, utilizados nos setores de produção, armazenamento e beneficiamento de produtos agrícolas, pastagens, proteção de florestas, nativas ou

plantadas, e de outros ecossistemas e de ambientes urbanos, hídricos e industriais” (TEJERINA *et al.*, 2018). Com a modernização influenciada pela revolução verde, o país iniciou a prática de incentivo e crédito aos produtores rurais, o que incluía a utilização de agrotóxicos como um modelo de desenvolvimento. A partir dos anos 1990, o uso foi intensificado e diretamente relacionado a potenciais efeitos adversos (NICHOLLS; ALTIERI, 1997).

Uma revisão sistemática abrangendo 116 pesquisas no período de 2011 a 2017, demonstrou o impacto negativo dos agrotóxicos na saúde ambiental e humana no Brasil (LOPES; ALBUQUERQUE, 2018), corroborando a ampla literatura sobre o tema em nível internacional. A exposição humana a agrotóxicos no Brasil mostra associação a um risco aumentado de cânceres, doenças neurológicas, malformações congênitas e distúrbios hormonais (LOPES; ALBUQUERQUE, 2018; LOPES-FERREIRA *et al.*, 2022). Além disso, a exposição afeta a qualidade do solo e da água, levando à perda de biodiversidade (OLIVEIRA *et al.*, 2023).

Considerado por muitos estudos um problema de saúde pública no país (BOMBARDI, 2017; CASSAL *et al.*, 2014), a exposição a estas substâncias ainda conta com o agravante das subnotificações, devido aos inconsistentes sistemas governamentais que realizam o levantamento e monitoramento de dados de intoxicações por efeitos crônicos e, em maioria, agudos (CARNEIRO *et al.*, 2015; RIGOTTO; VASCONCELOS; ROCHA, 2014). Essas fragilidades são limitantes à implementação de políticas públicas e normativas efetivas que visem a proteção de populações, como “cortinas verdes” no entorno de grandes áreas de produção próximas às localidades (CASCAVEL, 2015).

Nos últimos anos, os dez agrotóxicos mais utilizados no Brasil são responsáveis por 70% de toda a aplicação realizada. São eles o glifosato, 2,4-D, mancozebe, acefato, óleo mineral, atrazina, óleo vegetal, paraquate (dicloreto), imidacloprido e oxicloreto de cobre (MORAES, 2019). Na União Europeia, três destes citados (acefato, atrazina e paraquate) são proibidos. Para o 2,4-D, segundo mais utilizado no Brasil, o limite é quatro vezes maior que o aceito nos EUA, Japão e União Europeia, evidenciando o panorama da quantidade do uso e como ainda são fracas as estruturas regulatórias frente aos países desenvolvidos (ANVISA, 2022; HANDFORD; ELLIOTT; CAMPBELL, 2015).

A regulamentação brasileira dos agrotóxicos é conduzida por avaliações de duas autarquias, a Agência Nacional de Vigilância Sanitária (Anvisa) e o Instituto Brasileiro do Meio Ambiente e dos Recursos Naturais Renováveis (Ibama), através de competências conjuntas entre três ministérios do poder executivo do Brasil: o Ministério da Saúde, o Ministério do Meio Ambiente e o Ministério da Agricultura Pecuária e Abastecimento (Mapa). As autarquias, respectivamente, são responsáveis por avaliar aspectos relacionados aos limites máximos de resíduos permitidos nos alimentos, por exemplo, e por avaliar os impactos danosos ambientais dos agrotóxicos, incluindo a toxicidade para organismos não alvo e a persistência no meio ambiente (FRANCO; PELAEZ, 2016).

Ao Mapa, compete a avaliação agrônômica dos produtos e seus ingredientes ativos, a considerar a eficácia no controle de pragas e doenças (FRANCO; PELAEZ, 2016). Vinculada ao Mapa, é importante elencar a inovação tecnológica advinda da Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária (Embrapa). Criada no início da década de 1970, a empresa pública é referência no desenvolvimento de diferentes soluções agrícolas, como cultivares para determinadas regiões do país a depender de características específicas regionais (SANTOS *et al.*, 2012).

A política e suas transições por diferentes ideologias causam elementar pressão e exercem influências no processo de avaliação dos agrotóxicos no Brasil. O Ibama, um dos órgãos reguladores sobre uso de agrotóxicos, foi afetado por interferência política visando-se a flexibilização nas regras de registro e de controle para acelerar o processo de liberação de novos agrotóxicos no país (GURGEL; GUEDES; FRIEDRICH, 2021). No período do governo Bolsonaro, foram liberados 2.182 agrotóxicos, o maior número desde o início dos anos 2000. Dentre os produtos liberados, vinte e dois foram classificados pelo Ibama como “muito perigosos ao meio ambiente” (SALATI, 2023). A postura adotada pelo governo foi amplamente criticada por organizações ambientais e de saúde em vista dos riscos associados com a saúde dos trabalhadores rurais e a segurança dos alimentos.

No final de 2023, uma recorrente discussão do final da década de 1990 voltou firmemente à tona, já no governo de Luís Inácio Lula da Silva, o Projeto de Lei (PL) 1459/2022, comumente conhecido por “PL do Veneno”, que possui objetivo de flexibilizar a regulação do uso de agrotóxicos no país, obteve sanção presidencial com vetos, mesmo em um contexto político considerado progressista perante o anterior (PEDUZZI, 2023). Ao longo da história, é possível notar que a influência política na regulamentação dos agrotóxicos no Brasil passou por diferentes abordagens, a depender do governo e de variados interesses, pressões da sociedade civil, da indústria agrícola, produtores e demais setores (CARVALHO; NODARI; NODARI, 2017).

## 6. CONSIDERAÇÕES FINAIS

O histórico dos agrotóxicos demonstra a evolução desta tecnologia e seus impactos positivos e negativos para a humanidade. O uso de agrotóxicos na produção agrícola é prática comum em todo o globo, e isso ocorre tanto pela demanda por alimentos como em decorrência da pressão e articulações do oligopólio de empresas multinacionais. Na atual conjuntura da crise ambiental e das mudanças climáticas é essencial compreender e mitigar os impactos que os agrotóxicos causam à biodiversidade, aos componentes abióticos e à saúde humana.

Desde o início dos anos 2000, produtos mais eficazes e menos poluentes têm sido introduzidos na agricultura de precisão. O uso deles inclui o necessário manejo de

ferramentas chave, como os equipamentos digitais aliados à robótica, e o melhoramento genético de plantas, que compõem inovações nas estratégias de aplicação de agrotóxicos. Os avanços tecnológicos no desenvolvimento destes produtos, especialmente frente aos primeiros ingredientes ativos, são promissores. Entretanto, fazem-se necessárias a pesquisa e a robusta evidência científica deste avanço tecnológico, com a demonstração da diminuição dos riscos associados.

É essencial encontrar um equilíbrio entre a produção de alimentos e as preocupações ambientais e com a saúde humana. Existem alternativas viáveis para produção de alimentos que não exigem a intensa e extensa aplicação de agrotóxicos. Ao analisar a evolução deles, bem como a produção alimentar convencional, é possível compreender suas notórias limitações frente às formas agroecológicas de produzir, que incluem interações mais saudáveis entre ambiente e espécies de fauna e flora, competindo em resiliência, inclusive, relacionado à realidade das mudanças climáticas.

Na busca de uma agricultura sustentável recomenda-se a valorização do conhecimento científico e dos princípios éticos a fim de se garantir a segurança alimentar, a proteção do meio ambiente e da biodiversidade, assim como a saúde coletiva e o bem-estar do ser humano. Afinal, o modelo de produção que demanda o uso massivo de agrotóxicos não considera como variável de valor econômico os prejuízos pelos efeitos deletérios causados à saúde humana e ambiental.

## REFERÊNCIAS

ABUBAKAR, Y. *et al.* Pesticides, history, and classification. In: **Natural remedies for pest, disease, and weed control**. Academic Press, 2020. p. 29-42. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-819304-4.00003-8>. Acesso em: 12 ago. 2023.

AGROPAGES. **Database global agriculture**. Chongqing: AGROPAGES, 2023. Disponível em: <https://www.agropages.com/AgroData/>. Acesso em: 03 out. 2023.

ANVISA – AGÊNCIA NACIONAL DE VIGILÂNCIA SANITÁRIA. **Listas de ingredientes ativos com uso autorizado e banidos no Brasil**. 2022. Disponível em: <https://www.gov.br/anvisa/pt-br/assuntos/noticias-anvisa/2022/listas-de-ingredientes-ativos-com-uso-autorizado-e-banidos-no-brasil>. Acesso em 28 dez. 2023.

APPAH, S. *et al.* Review of electrostatic system parameters, charged droplets characteristics, and substrate impact behavior from pesticide spraying. **International Journal of Agricultural and Biological Engineering**, v. 12, n. 2, p. 1-9, 2019. Disponível em: <https://www.ijabe.org/index.php/ijabe/article/view/4673>. Acesso em: 02 nov. 2023.

BERNHARDT, E. S.; ROSI, E. J.; GESSNER, M. O. Synthetic chemicals as agents of global change. **Frontiers in Ecology and the Environment**, v. 15, n. 2, p. 84-90, 2017. Disponível em: <https://doi.org/10.1002/fee.1450>. Acesso em: 23 set. 2023.

BOMBARDI, L. **Geografia do Uso de Agrotóxicos no Brasil e Conexões com a União Europeia**. São Paulo: USP, 2017. 296 p.

- BONGIOVANNI, R.; LOWENBERG-DEBOER, J. Precision agriculture, and sustainability. **Precision agriculture**, v. 5, p. 359-387, 2004. Disponível em: <https://doi.org/10.1023/B:PRAG.0000040806.39604.aa>. Acesso em: 07 nov. 2023.
- CAOVILLA, M. A. L.; RENK, A. A.; ZANCO, A. Reflexos da commoditização na regulamentação brasileira de agrotóxicos. **Veredas do Direito**, v. 19, n. 43, 2022. Disponível em: <http://dx.doi.org/10.18623/rvd.v19i43.2251>. Acesso em: 21 nov. 2023.
- CARNEIRO F. F. *et al.* **Dossiê ABRASCO – Um alerta sobre os impactos dos agrotóxicos na saúde**. Rio de Janeiro: ABRASCO, 2015. 628 p.
- CARVALHO, M. M. X. de; NODARI, E. S.; NODARI, R. O. “Defensivos” ou “agrotóxicos”? História do uso e da percepção dos agrotóxicos no estado de Santa Catarina, Brasil, 1950-2002. **História, Ciências, Saúde-Manguinhos**, v. 24, p. 75-91, 2017. Disponível em: <https://doi.org/10.1590/S0104-59702017000100002>. Acesso em: 08 jan. 2024.
- CASCADEL. **Lei Ordinária Nº 6484, de 25 de maio de 2015**. Regulamenta o uso e aplicação de agrotóxicos próximo aos locais que especifica no município de Cascavel, e dá outras providências. Câmara Municipal de Cascavel. Legislação Municipal. Cascavel, PR, 2015.
- CASSAL, V. B. *et al.* Agrotóxicos: uma revisão de suas consequências para a saúde pública. **Revista Eletrônica em Gestão, Educação e Tecnologia Ambiental**, p. 437-445, 2014. Disponível em: <https://doi.org/10.5902/2236117012498>. Acesso em: 15 dez. 2023.
- CHEN, X. *et al.* What has caused the use of fertilizers to skyrocket in China?. **Nutrient cycling in agroecosystems**, v. 110, p. 241-255, 2018. Disponível em: <https://doi.org/10.1007/s10705-017-9895-1>. Acesso em: 15 out. 2023.
- DAMALAS, C. A.; KOUTROUBAS, S. D. Farmers’ exposure to pesticides: toxicity types and ways of prevention. **Toxics**, v. 4, n. 1, p. 1, 2016. Disponível em: <https://doi.org/10.3390/toxics4010001>. Acesso em: 12 ago. 2023.
- DUHAN, J. S. *et al.* Nanotechnology: The new perspective in precision agriculture. **Biotechnology Reports**, v. 15, p. 11-23, 2017. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.btre.2017.03.002>. Acesso em: 07 nov. 2023.
- DUTTA, G.; GOSWAMI, P. Application of drone in agriculture: A review. **International Journal of Chemical Studies**, v. 8, n. 5, p. 181-187, 2020. Disponível em: <https://doi.org/10.22271/chemi.2020.v8.i5d.10529>. Acesso em: 04 nov. 2023.
- DWIVEDI, S. A.; SONAWANE, V. K.; PANDIT, T. R. Review on the impact of insecticides utilization in crop ecosystem: Their prosperity and threats. In: **Insecticides-Impact and Benefits of Its Use for Humanity**. IntechOpen, 2022. Disponível em: <https://www.intechopen.com/chapters/82570>. Acesso em: 01 nov. 2023.
- EMBRAPA – EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA. **Soja em números (safra 2023/24)**. 2024. Disponível em: <https://www.embrapa.br/soja/cultivos/soja1/dados-economicos>. Acesso em: 21 ago. 2024.
- FAOSTAT – FOOD AND AGRICULTURE ORGANIZATION OF THE UNITED NATIONS. **Crops and livestock products**. FAO, 2022. Disponível em: <https://www.fao.org/faostat/en/#data/QCL/visualize/>. Acesso em: 24 set. 2024.

FAOSTAT – FOOD AND AGRICULTURE ORGANIZATION OF THE UNITED NATIONS. **Pesticide trade**. FAO, 2024. Disponível em: <http://www.fao.org/faostat/en/#data/RT/visualize>. Acesso em: 24 set. 2024.

FISHEL, F. M.; FERRELL J. A. **Managing Pesticide Drift**, Agronomy Department. PI232, University of Florida, Gainesville, FL, USA, 2013. Disponível em: <https://edis.ifas.ufl.edu/pi232>. Acesso em: 12 set. 2023.

FRANCO, C. da R.; PELAEZ, V. A (des) construção da agenda política de controle dos agrotóxicos no Brasil. **Ambiente & Sociedade**, v. 19, p. 213-230, 2016. Disponível em: <https://doi.org/10.1590/1809-4422ASOC143673V1932016>. Acesso em: 03 jan. 2024.

FRYDAY, S.; TIEDE, K.; STEIN, J. Scientific services to support EFSA systematic reviews: Lot 5 Systematic literature review on the neonicotinoids (namely active substances clothianidin, thiamethoxam and imidacloprid) and the risks to bees (Tender specifications RC/EFSA/PRAS/2013/03). **EFSA Supporting Publications**, v. 12, n. 2, p. 756E, 2015. Disponível em: <https://doi.org/10.2903/sp.efsa.2015.EN-756>. Acesso em: 14 ago. 2023.

GANGEMI, S. *et al.* Occupational and environmental exposure to pesticides and cytokine pathways in chronic diseases. **International journal of molecular medicine**, v. 38, n. 4, p. 1012-1020, 2016. Disponível em: <https://doi.org/10.3892/ijmm.2016.2728>. Acesso em: 13 ago. 2023.

GRIFFIN, K. (org.). **The political economy of agrarian change: An essay on the Green Revolution**. 2. ed. Springer, 1979. 267 p.

GURGEL, A. M.; GUEDES, C. A.; FRIEDRICH, K. Flexibilização da regulação de agrotóxicos enquanto oportunidade para a (necro) política brasileira: avanços do agronegócio e retrocessos para a saúde e o ambiente. **Desenvolvimento e Meio ambiente**, v. 57, 2021. Disponível em: <https://revistas.ufpr.br/made/article/download/79158/44097>. Acesso em: 05 jan. 2024.

HALLAUER, A. R.; CARENA, M. J.; MIRANDA FILHO, J. B. de. (org.). **Quantitative genetics in maize breeding**. 6. ed. Nova Iorque: Springer Science & Business Media, 2010. 662 p.

HANDFORD, C. E.; ELLIOTT, C. T.; CAMPBELL, K. A review of the global pesticide legislation and the scale of challenge in reaching the global harmonization of food safety standards. **Integrated environmental assessment and management**, v. 11, n. 4, p. 525-536, 2015. Disponível em: <https://doi.org/10.1002/ieam.1635>. Acesso em: 16 ago. 2023.

HU, R. *et al.* Impact of government policies on research and development (R&D) investment, innovation, and productivity: Evidence from pesticide firms in China. **Agriculture**, v. 12, n. 5, p. 709, 2022. Disponível em: <https://doi.org/10.3390/agriculture12050709>. Acesso em: 17 out. 2023.

KALAITZANDONAKES, N. G.; MARKS, L. A. **Innovation dynamics and optimal licensing strategies in the agro-biotechnology industry**. In: Transitions in Agbiotech: Economics of Strategy and Policy, Proceedings of NE-165 Conference. Food Marketing Policy Center. University of Connecticut, 2000. 207-216 p.

LOPES, C. V. A.; ALBUQUERQUE, G. S. C. de. Agrotóxicos e seus impactos na saúde humana e ambiental: uma revisão sistemática. **Saúde em debate**, v. 42, p. 518-534, 2018. Disponível em: <https://doi.org/10.1590/0103-1104201811714>. Acesso em 30 nov. 2023.

LOPES-FERREIRA, M. *et al.* Impact of pesticides on human health in the last six years in Brazil. **International journal of environmental research and public health**, v. 19, n. 6, p. 3198, 2022. Disponível em: <https://doi.org/10.3390/ijerph19063198>. Acesso em 12 dez. 2023.

MAMANE, A. *et al.* Occupational exposure to pesticides and respiratory health. **European Respiratory Review**, v. 24, n. 136, p. 306-319, 2015. DOI 10.1183/16000617.00006014. Disponível em: <https://ersjournals.com/content/24/136/306.short>. Acesso em: 13 ago. 2023.

MCINTYRE-BREWER, M. S. Environmental racism throughout the history of economic globalization. **Auc Geographica**, v. 54, n. 1, p. 105-113, 2019. Disponível em: <https://doi.org/10.14712/23361980.2019.10>. Acesso em: 03 out. 2023.

NASEMED – NATIONAL ACADEMIES OF SCIENCES, ENGINEERING, AND MEDICINE *et al.* (org.). **Genetically engineered crops: experiences and prospects**. 1. ed. Washington: The National Academies Press, 2016. 606 p.

MORAES, R. F. de. **Agrotóxicos no Brasil: padrões de uso, política da regulação e prevenção da captura regulatória**. IPEA, Ministério da Economia, Governo Federal, Brasil, No. 2506. Texto para Discussão, 2019. Disponível em: <http://hdl.handle.net/10419/211457>. Acesso em: 28 dez. 2023.

NICHOLLS, C. I.; ALTIERI, M. A. Conventional agricultural development models and the persistence of the pesticide treadmill in Latin America. **The International Journal of Sustainable Development & World Ecology**, v. 4, n. 2, p. 93-111, 1997. Disponível em: <https://doi.org/10.1080/13504509709469946>. Acesso em: 28 nov. 2023.

OGA, S.; CAMARGO, M. M. A.; BATISTUZZO, J. A. O. (org.). **Fundamentos de toxicologia**. 4. ed. São Paulo: Atheneu Editora, 2014. 685 p.

OLIVEIRA, M. P. de. *et al.* Pesticides in different environmental compartments in Brazil: a review. **Ciência e Natura**, v. 45, p. e2-e2, 2023. Disponível em: <https://doi.org/10.5902/2179460X70715>. Acesso em: 01 dez. 2023.

PEDUZZI, P. Lula sanciona com vetos Projeto de Lei dos Agrotóxicos. **Agência Brasil**, Brasília, 28 dez. 2023. Disponível em: <https://agenciabrasil.ebc.com.br/politica/noticia/2023-12/lula-sanciona-com-vetos-projeto-de-lei-dos-agrotoxicos>. Acesso em 07 jan. 2024.

PELAEZ, V. *et al.* A dinâmica do comércio internacional de agrotóxicos. **Revista de Política Agrícola**, v. 25, n. 2, p. 39-52, 2016. Disponível em: <https://seer.sede.embrapa.br/index.php/RPA/article/view/1116>. Acesso em 10 out. 2023.

POPP, J.; PETŐ, K.; NAGY, J. Pesticide productivity and food security. A review. **Agronomy for sustainable development**, v. 33, p. 243-255, 2013. Disponível em: <https://doi.org/10.1007/s13593-012-0105-x>. Acesso em: 30 set. 2023.

PRETTY, J.; PERVEZ BHARUCHA, Z. Integrated pest management for sustainable intensification of agriculture in Asia and Africa. **Insects**, v. 6, n. 1, p. 152-182, 2015. Disponível em: <https://doi.org/10.3390/insects6010152>. Acesso em: 15 set. 2023.

RANI, L. *et al.* An extensive review on the consequences of chemical pesticides on human health and environment. **Journal of cleaner production**, v. 283, p. 124657, 2021. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2020.124657>. Acesso em: 13 ago. 2023.

REHMAN, A. *et al.* Modern agricultural technology adoption its importance, role and usage for the improvement of agriculture. **Life Science Journal**, v. 14, n. 2, p. 70-74, 2017. DOI 10.7537/marslsj140217.10. Disponível em: [https://www.lifesciencesite.com/ljsj/life140217/10\\_29837lsj140217\\_70\\_74.pdf](https://www.lifesciencesite.com/ljsj/life140217/10_29837lsj140217_70_74.pdf). Acesso em: 20 out. 2023.

- RHOADES, W. C. The history and use of agricultural chemicals. **The Florida Entomologist**, v. 46, n. 4, p. 275-277, 1963. Disponível em: <https://www.jstor.org/stable/3493576>. Acesso em 21 out. 2023.
- RIGOTTO, R. M.; VASCONCELOS, D. P.; ROCHA, M. M. Pesticide use in Brazil and problems for public health. **Cadernos de Saúde Pública**, v. 30, p. 1360-1362, 2014. Disponível em: <https://doi.org/10.1590/0102-311XPE020714>. Acesso em: 20 dez. 2023.
- ROBERTS, D. M. *et al.* Influence of pesticide regulation on acute poisoning deaths in Sri Lanka. **Bulletin of the World Health Organization**, v. 81, p. 789-798, 2003. Disponível em: <https://www.scielosp.org/pdf/bwho/2003.v81n11/789-798/en>. Acesso em: 17 set. 2023.
- ROBIN, M. M.; SMITH, J. M.; LASAGNA, M. (org.). **The world according to Monsanto**. Image & Compagnie, 2008. Disponível em: [https://www.mariemoniquerobin.com/wa\\_files/monsanto-presskit.pdf](https://www.mariemoniquerobin.com/wa_files/monsanto-presskit.pdf). Acesso em: 03 out. 2023.
- SALATI, P. Bolsonaro liberou 2.182 agrotóxicos em 4 anos, recorde para um governo desde 2003. **G1 Economia**, 04 fev. 2023. Seção Agro. Disponível em: <https://g1.globo.com/economia/agronegocios/noticia/2023/02/04/bolsonaro-liberou-2182-agrotoxicos-em-4-anos-recorde-para-um-governo-desde-2003.ghtml>. Acesso em: 10 out. 2023.
- SANTOS, J. A. M. dos. *et al.* O processo de inovação tecnológica na Embrapa e na Embrapa Agrobiologia: desafios e perspectivas. **Perspectivas em Ciência da Informação**, v. 17, p. 175-194, 2012. Disponível em: <https://doi.org/10.1590/S1413-99362012000400011>. Acesso em: 04 jan. 2024.
- SARKAR, S. *et al.* (org.). **The use of pesticides in developing countries and their impact on health and the right to food**. Brussels: Editora European Union, 2021. 56 p. Disponível em: <https://doi.org/10.2861/28995>. Acesso em: 16 ago. 2023.
- SCHREINEMACHERS, P.; TIPRAQSA, P. Agricultural pesticides and land use intensification in high, middle and low income countries. **Food policy**, v. 37, n. 6, p. 616-626, 2012. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.foodpol.2012.06.003>. Acesso em: 20 set. 2023.
- SHATTUCK, A. Generic, growing, green?: The changing political economy of the global pesticide complex. **The Journal of Peasant Studies**, v. 48, n. 2, p. 231-253, 2021. Disponível em: <https://doi.org/10.1080/03066150.2020.1839053>. Acesso em: 12 ago. 2023.
- SNELL, E. J. Future trends in pesticide applications. In: **Proceedings of the 3rd International Conference Urban Pest, Prague, Czech Republic**. 1999. p. 19-22. Disponível em: <https://www.icup.org.uk/media/dimlkovb/icup444.pdf>. Acesso em: 28 out. 2023.
- SOUZA, R. M. de. *et al.* Occurrence, impacts and general aspects of pesticides in surface water: A review. **Process Safety and Environmental Protection**, v. 135, p. 22-37, 2020. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.psep.2019.12.035>. Acesso em: 14 ago. 2023.
- SPARKS, T. C. *et al.* The new age of insecticide discovery-the crop protection industry and the impact of natural products. **Pesticide biochemistry and Physiology**, v. 161, p. 12-22, 2019. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.pestbp.2019.09.002>. Acesso em: 17 out. 2023.
- TAUGER, M. B. (org.). **Agriculture in world history**. 1. ed. Nova Iorque: Editora Routledge, 2011. 192 p.

TEJERINA, G. R. de L. *et al.* Intoxicações e óbitos por agrotóxicos no Estado de Goiás, Brasil e inovações legislativas. **Cadernos Ibero-Americanos de Direito Sanitário**, v. 7, n. 1, p. 229-249, 2018. Disponível em: <https://doi.org/10.17566/ciads.v7i1.471>. Acesso em: 23 nov. 2023.

THEROND, O. *et al.* A new analytical framework of farming system and agriculture model diversities. A review. **Agronomy for sustainable development**, v. 37, p. 1-24, 2017. Disponível em: <https://doi.org/10.1007/s13593-017-0429-7>. Acesso em: 20 out. 2023.

TUDI, M. *et al.* Agriculture development, pesticide application and its impact on the environment. **Int. J. Environ. Res. Public Health**, v. 18, n. 3, p. 1112, 2021. Disponível em: <https://doi.org/10.3390/ijerph18031112>. Acesso em: 10 ago. 2023.

UMETSU, N.; SHIRAI, Y. Development of novel pesticides in the 21st century. **Journal of Pesticide Science**, v. 45, n. 2, p. 54-74, 2020. Disponível em: <https://doi.org/10.1584/jpestics.D20-201>. Acesso em: 18 out. 2023.

VAN EMDEN, H. F.; PEAKALL, D. B.; INTERNATIONAL CENTRE OF INSECT PHYSIOLOGY AND ECOLOGY. **Beyond silent spring: integrated pest management and chemical safety**. Londres: Editora Chapman & Hall, 1996.

VISSCHER, P. M.; GODDARD, M. E. From RA Fisher's 1918 paper to GWAS a century later. **Genetics**, v. 211, n. 4, p. 1125-1130, 2019. Disponível em: <https://doi.org/10.1534/genetics.118.301594>. Acesso em: 20 out. 2023.

WUIJTS, S. *et al.* Protection of drinking water resources from agricultural pressures: Effectiveness of EU regulations in the context of local realities. **Journal of Environmental Management**, v. 287, p. 112270, 2021. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.jenvman.2021.112270>. Acesso em 15 ago. 2023.

# EVOLUÇÃO E APLICAÇÕES DO SENSORIAMENTO REMOTO EM ESTUDOS AMBIENTAIS: UMA REVISÃO DE LITERATURA

*Data de aceite: 02/10/2024*

### **Kely Prissila Saraiva Cordovil**

Universidade Federal do Oeste do Pará  
(UFOPA)  
Santarém-Pará

CV: <http://lattes.cnpq.br/6616806425702577>

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-0536-6090>

### **Lucas Raphael Mourão Gonçalves**

Universidade Federal do Oeste do Pará  
(UFOPA)  
Santarém-Pará

CV: <http://lattes.cnpq.br/7575427018142153>

ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-4492-1947>

### **Wilderclay Barreto Machado**

Universidade Federal do Oeste do Pará  
(UFOPA)  
Santarém-Pará

CV: <http://lattes.cnpq.br/7928041665593236>

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-0085-5397>

### **Lucas Vaz Peres**

Universidade Federal do Oeste do Pará  
(UFOPA)  
Santarém-Pará

CV: <http://lattes.cnpq.br/0492582888795669>

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-5612-5991>

### **Yao Télésphore Brou**

University of La Reunion França  
La Réunion-França

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-6273-7636>

### **Luciana Gonçalves de Carvalho**

Universidade Federal do Oeste do Pará  
(UFOPA)  
Santarém-Pará

CV: <http://lattes.cnpq.br/9870905738650852>

ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-7916-9092>

**RESUMO:** O sensoriamento remoto é uma técnica que permite a aquisição de informações e dados sobre a terra e seus processos por meio de sensores instalados em plataformas espaciais, aéreas ou terrestres. Com o objetivo descrever a evolução histórica dessa técnica e de suas aplicabilidades em diversas áreas científicas, este estudo empreende um levantamento bibliográfico em bases de dados eletrônicos, e na lista de referências dos artigos identificados. Foram empregados os seguintes termos em português e inglês: “Sensoriamento remoto do ambiente”, “Expansão urbana”, “Índice de Vegetação por Diferença Normalizada

(NDVI)”, “ Missão Landsat”, “ Missão Sentinel”, “Aplicações do sensoriamento remoto”, e “História do sensoriamento remoto”. O processo de análise dos estudos envolveu leitura de títulos, resumos e textos completos. O sensoriamento remoto tem uma ampla gama de aplicações, com destaque na área ambiental, devido à sua eficácia para o monitoramento do desmatamento, tanto em áreas isoladas, quanto no meio urbano, onde é usado com foco em áreas edificadas, destacando de maneira clara as diferenças entre zonas urbanizadas, jardins e vegetação em ambientes urbanos construídos, etc. Nesse sentido, o sensoriamento remoto desempenha um papel crucial em estudos na Amazônia Legal, fornecendo informações específicas e atualizadas sobre a dinâmica da região, o que é essencial para apoiar ações de conservação, monitoramento ambiental, gestão de recursos naturais e tomada de decisões controladas em prol da sustentabilidade desse ecossistema tão importante para o planeta.

**PALAVRAS-CHAVE:** Aplicações do Sensoriamento Remoto; Sensores Satelitais; Análise Geoespacial.

## EVOLUTION AND APPLICATIONS OF REMOTE SENSING IN ENVIRONMENTAL STUDIES: A LITERATURE REVIEW

**ABSTRACT:** Remote sensing is a technique that enables the acquisition of information and data about the Earth and its processes through sensors installed on space, aerial, or ground platforms. Aiming to describe the historical evolution of this technique and its applications in various scientific fields, this study conducted a bibliographic review in electronic databases and through the reference lists of the identified articles. The following terms were used in both Portuguese and English: «Environmental remote sensing,» «Urban expansion,» «Normalized Difference Vegetation Index (NDVI),» «Landsat Mission,» «Sentinel Mission,» «Remote sensing applications,» and «History of remote sensing.» The analysis process of the studies involved reading titles, abstracts, and full texts. Remote sensing has a wide range of applications, with particular prominence in the environmental field due to its effectiveness in monitoring deforestation, both in isolated areas and in urban environments, where it is used to focus on built-up areas, clearly highlighting the differences between urbanized zones, gardens, and vegetation in constructed urban environments, among others. In this context, remote sensing plays a crucial role in studies of the Legal Amazon, providing specific and updated information on the region’s dynamics, which is essential for supporting conservation actions, environmental monitoring, natural resource management, and informed decision-making aimed at the sustainability of this ecosystem, which is so vital to the planet.

**KEYWORDS:** Remote Sensing Applications; Satellite Sensors; Geospatial Analysis.

## 1. INTRODUÇÃO

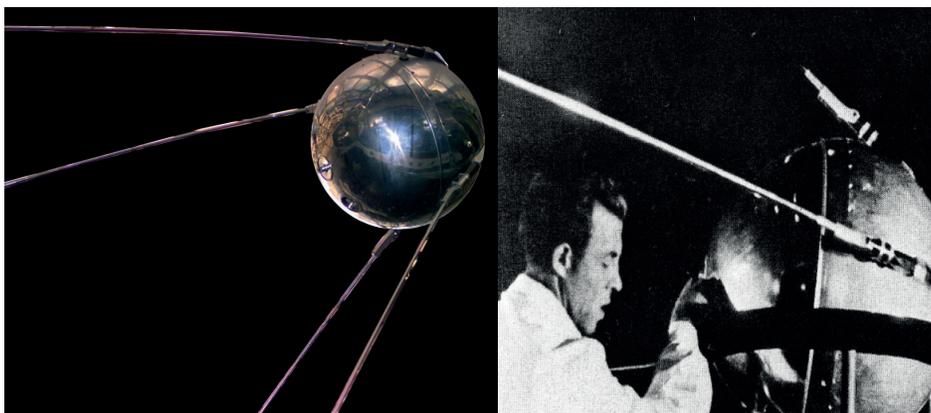
O sensoriamento remoto é o conjunto de técnicas e procedimentos tecnológicos que visa obter propriedades físicas de uma área sem estar lá. Ele permite aos usuários capturar, visualizar e analisar objetos e características da superfície da Terra. Ao coletar imagens, podemos classificá-las em cobertura da terra e outros tipos de análises. O primeiro registro histórico da prática de Sensoriamento Remoto remonta a 1859, quando Gaspard Tournachon capturou uma fotografia oblíqua de uma vila próxima a Paris a partir de um balão (VIDALIS-KELAGIANNIS *et al.*, 2021).

Durante a Segunda Guerra Mundial (1939-1945), houve avanços significativos nessa área, incluindo o desenvolvimento de novos sistemas de imageamento, como sensores termais, câmeras e filmes fotográficos capazes de detectar radiação eletromagnética no infravermelho próximo, além do surgimento do Radar (Radio Detection and Ranging, em inglês) (NEGRI; MENDES, 2020). Na segunda Guerra mundial, essa tecnologia foi fundamental, uma vez que as aeronaves aguardavam para serem equipadas com câmeras e sensores para coletar informações sobre o campo de batalha (COHEN, 2000). Essas imagens aéreas forneciam aos militares uma visão estratégica dos movimentos inimigos e dos recursos geográficos e físicos do território. Esse uso tático de sensoriamento remoto durante a guerra mostrou-se tão valioso que, após o conflito, muitos países viram o potencial dessa tecnologia para aplicações civis e científicas (AGGARWAL, 2003).

Após o fim da segunda guerra, tiveram início a guerra fria e a corrida espacial, e o desenvolvimento da tecnologia de sensoriamento remoto ganhou mais visibilidade e investimento. Em 1957 a União Soviética lançou o primeiro satélite artificial, o Sputnik 1 (Figura 1), que tinha como objetivo coletar informações a partir da órbita da Terra. Desde o lançamento do “Sputnik 1”, em 4 de outubro de 1957, houve um notável avanço em diversas áreas das ciências espaciais.

Durante os primeiros anos da era espacial, 1957 e 1958, foram feitas descobertas pioneiras, como a identificação dos cinturões de radiação Van Allen-Vernov ao redor da Terra. Uma análise histórica da observação de rádio do “Sputnik 1” revelou importantes insights durante os 22 dias iniciais de operação do transmissor do satélite, de 4 a 26 de outubro de 1957.

Figura 1- Reprodução do Sputnik 1.



Fonte: (URI, 2022).

Na Bulgária, o Dr. G. Nestorov, mais tarde professor e membro correspondente da Bulgarian Academy of Sciences (BAS), liderou as primeiras medições de rádio, realizadas no início de 1957 no Instituto de Pesquisa de Comunicações - Controle de Medição de Rádio e Centro Ionosférico - RIKIC. Dr. G. Nestorov concentrou-se em medições do efeito Doppler e na determinação da altitude do satélite, revelando uma notável redução de altitude durante as semanas subsequentes devido ao arrasto e ao atrito com a atmosfera superior.

A partir de 1958, observações ópticas, de laser e de radar de satélites artificiais na Terra começaram a ser conduzidas na Bulgária, culminando na instalação de três estações de observação entre 1958 e 1959 em Sofia, Stara Zagora e Varna. Essas atividades de observação persistiram até 2002, quando foram gradualmente interrompidas devido à escassez de financiamento e à mudança nos centros de observação globais (VELINOV, 2017).

Logo após, durante a década de 1960, surgiram outros satélites projetados especificamente para a observação da Terra, como o Earth Resources Technology Satellite (ERTS), que três anos depois, foi renomeado para Landsat 1. Esse foi o primeiro satélite a ser lançado visando coletar dados de sensoriamento remoto para aplicações civis (CRACKNELL; VAROTSOS, 2021).

Uma longa série de orbitadores de observação da Terra começou com o Earth Resources Technology Satellite (ERTS) da NASA. Lançado em julho de 1972, o Landsat 1, foi o primeiro satélite projetado explicitamente para estudar nosso planeta (LANDSAT MISSIONS, 2021).

Após um ano de vida útil, o Landsat 1 foi aposentado em janeiro de 1978, mas cada vez mais estudos sobre mudanças no uso da terra e alterações das paisagens de áreas urbanas passaram a utilizar imagens orbitais, obtidos a partir dos sensores a bordo do satélite Landsat.

Esse breve histórico demonstra que para compreender a nossa paisagem em mudança, as missões Landsat revelaram ser uma excelente ferramenta. Nada escapou de seus sensores, desde derramamentos de petróleo, desmatamento e desenvolvimento urbano, o Landsat viu de tudo. Isso devido às várias combinações de suas bandas espectrais. Bandas espectrais são grupos de comprimentos de onda. Por exemplo, ultravioleta, visível, infravermelho próximo, infravermelho térmico e microondas são bandas espectrais. Categorizamos cada região espectral com base em sua frequência ( $\nu$ ) ou comprimento de onda.

Existem dois tipos de imagens para sensores passivos: Imagens multiespectrais e Imagens hiperespectrais (GISGEOGRAPHY, 2024). A principal diferença entre multiespectral e hiperespectral é o número de bandas e quão estreitas elas são. As imagens hiperespectrais têm centenas de bandas estreitas, as imagens multiespectrais consistem em 3 a 10 bandas mais largas (GISGEOGRAPHY, 2024).

Com o lançamento bem-sucedido do Landsat 1, em 1972, a tecnologia de sensoriamento remoto começou a evoluir rapidamente. Os lançamentos subsequentes de satélites Landsat permitiram a aquisição sistemática de imagens de todo o globo, permitindo o monitoramento contínuo das mudanças na superfície terrestre ao longo do tempo. Essas informações foram fundamentais para o estudo da dinâmica dos ecossistemas, o mapeamento de recursos naturais, o monitoramento de mudanças climáticas e o planejamento sustentável do uso do solo (HEMATI *et al.*, 2021).

Além dos satélites Landsat, outras agências espaciais também desenvolveram e lançaram seus próprios satélites de sensoriamento remoto, expandindo ainda mais os recursos da tecnologia. Imagens de satélite de alta resolução, juntamente com avanços em técnicas de processamento e análise de dados, permitiram um maior detalhamento da superfície terrestre, permitindo aplicações ainda mais diversas em áreas como agricultura de precisão, previsão de desastres naturais e monitoramento de desmatamento (HEMATI *et al.*, 2021).

No que infere ao contexto atual dessa tecnologia, o sensoriamento remoto é uma ferramenta essencial em diversas disciplinas, desde a ciência e a gestão ambiental até o planejamento urbano e agrícola (HEMATI *et al.*, 2021). A capacidade de coletar dados sobre a Terra de forma não intrusiva e em escala global tem sido fundamental para o avanço do conhecimento científico e para o desenvolvimento de estratégias planejadas para a preservação do nosso planeta (JURADO *et al.*, 2022).

Logo, este artigo tem como objetivo descrever a evolução histórica da tecnologia sensoriamento remoto e suas aplicabilidades na atualidade.

## **2. LANDSAT E CONTEXTUALIZAÇÃO HISTÓRICA DE 1972 A 2023**

O satélite Landsat 1, lançado em 23 de julho de 1972, marcou o início de uma nova era no sensoriamento remoto e na observação da Terra. Desenvolvido pela Administração Nacional de Aeronáutica e Espaço (NASA) dos Estados Unidos, o Landsat 1 foi o primeiro satélite lançado especificamente para coletar dados de sensoriamento remoto para fins civis e científicos. O Landsat 1 carregava uma câmera de varredura multiespectral (MSS) que captava imagens em quatro bandas espectrais, permitindo a visualização de características da superfície terrestre, como vegetação, corpos d'água, solos e áreas urbanas. As imagens eram de resolução moderada para a época, com cerca de 80 metros de resolução espacial (BELWARD; SKØIEN, 2015).

A evolução do programa Landsat continuou com o lançamento do Landsat 2 em 1975, seguido pelos satélites Landsat 3, 4, 5 e 6 ao longo dos anos 1980 e 1990. No entanto, o Landsat 6 foi o único satélite do programa Landsat que não conseguiu alcançar a órbita. O Landsat 6 deveria ter um Mapeador Temático atualizado. O Enhanced Thematic Mapper (ETM) coletaria imagens pancromáticas de 15 metros, mas as outras sete bandas

espectrais permaneceriam com 30 metros de resolução terrestre (BELWARD; SKØIEN, 2015).

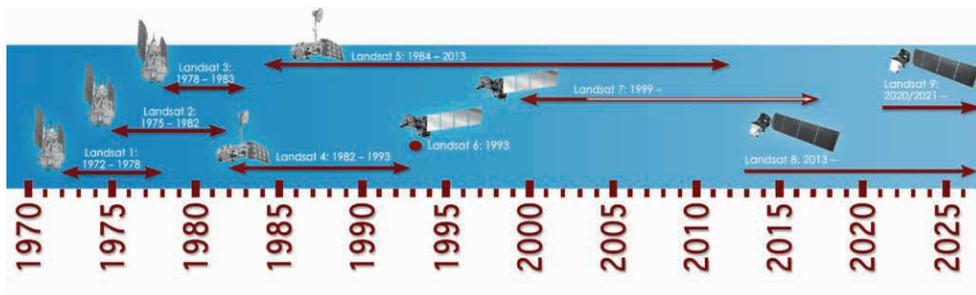
Cada novo satélite trouxe melhorias na solução espacial, com avanços tecnológicos permitindo imagens mais nítidas e precisas, pois introduziram uma câmera temática (TM), que captava imagens em seis bandas espectrais, incluindo bandas infravermelhas, permitindo uma análise mais detalhada da superfície terrestre (WULDER *et al.*, 2022). No entanto, uma grande revolução ocorreu em 1999, com o lançamento do Landsat 7. Este satélite incorporou uma câmera de imagens a bordo (ETM+), que captou imagens em oito bandas espectrais, incluindo uma banda pancromática de alta resolução espacial (15 metros). O Landsat 7 trouxe imagens ainda mais nítidas e separadas, permitindo o monitoramento de mudanças sutis na paisagem e uma melhor identificação de recursos naturais e alterações na cobertura do solo (ROY *et al.*, 2014).

A evolução do programa Landsat não parou por aí (Figura 2). Em 2013, foi lançado o Landsat 8, com melhorias em relação ao seu antecessor. O Landsat 8 também possui uma câmera de imagens a bordo (OLI), que captura imagens em nove bandas espectrais, incluindo duas bandas adicionais no infravermelho próximo. Isso ampliou ainda mais os recursos de análise e compreensão das mudanças ambientais e das atividades humanas (WULDER *et al.*, 2022). Além dos avanços nos próprios satélites, houve também progressos contínuos no processamento e na disponibilidade dos dados.

Nos últimos 50 anos, oito satélites Landsat orbitaram o planeta, o que ajudou a salvar e melhorar vidas e a apoiar a nossa economia. A NASA continuará a trabalhar com o USGS para melhorar o acesso ao recorde sem precedentes de 50 anos do Landsat e aproveitar o legado do programa." Bill Nelson, Administrador da NASA, 21 de julho de 2022 (LANDSAT SCIENCE, 2022).

A NASA e o Serviço Geológico dos Estados Unidos (USGS) trabalharam em parceria para fornecer dados de sensoriamento remoto do programa Landsat gratuitamente, o que possibilitou um amplo acesso às imagens e fomentou pesquisas e aplicações em diversos campos. Atualmente, o programa Landsat continua forte e é complementado por outras missões de sensoriamento remoto, como o programa Copernicus da União Europeia (ROY *et al.*, 2014) (Figura 2).

Figura 2 - Evolução do Satélite Landsat.



Fonte: Adaptado: (LANDSAT SCIENCE, 2022)

O primeiro Satélite de Tecnologia de Recursos Terrestres (ERTS-1), supracitado, lançado em 23 de julho de 1972, posteriormente denominado Landsat 1, foi lançado com o objetivo explícito de coletar informações sobre os recursos naturais da Terra usando sistemas avançados de sensoriamento remoto transportados por satélite de observação da Terra. Após mais de cinco décadas de observações e oito missões operacionais, o Programa Landsat continua a fornecer imagens da Terra de grande valor científico e esteticamente impressionantes.

### 3. IMPORTÂNCIA DO SENSORIAMENTO REMOTO NA ATUALIDADE

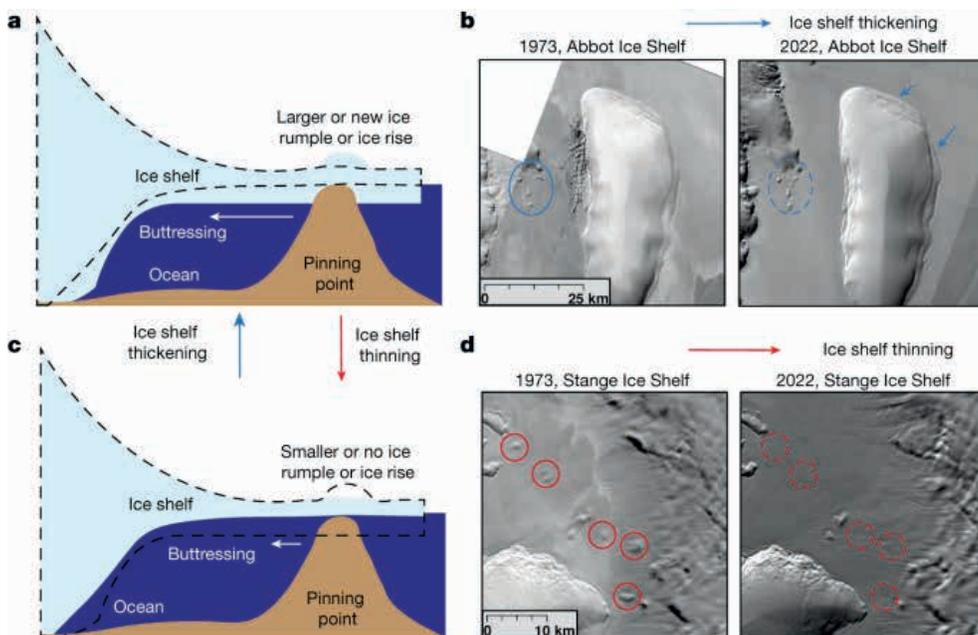
O monitoramento climático remoto contribui para a coleta de dados sobre a temperatura da superfície terrestre e o padrão de nuvens, bem como para a identificação de áreas propensas a eventos climáticos extremos, como secas e inundações. A observação constante do clima por meio de imagens de satélite permite a detecção de mudanças e tendências a longo prazo, essencial para a compreensão das mudanças climáticas de escala global (BEM *et al.*, 2020). Isso foi evidenciado por Miles e Bingham, (2024), que monitorou sistematicamente as variações na espessura da plataforma de gelo desde 1973, proporcionando a primeira caracterização observacional da evolução desse aspecto na Antártida ao longo das últimas cinco décadas.

Os autores mencionam a importância de estender esse tipo de registro, visto que é crucial para reduzir incertezas nas previsões das contribuições futuras da Antártida para o aumento do nível do mar e para calibrar modelos numéricos. Segundo os autores, as observações de mudanças na espessura da plataforma de gelo ao longo de 30 anos indicam um afinamento significativo em algumas regiões, mas o registro ainda é relativamente curto em relação aos tempos de resposta dessas plataformas de gelo (MILES; BINGHAM, 2024).

Para superar essa lacuna, foi implementado um método que utiliza imagens ópticas de satélite para monitorar as mudanças na expressão da superfície dos pontos de fixação como um indicador da variação na espessura da plataforma de gelo (Figura 3), onde: **a** - O

espessamento da plataforma de gelo aumenta o contato com a rocha subjacente, fazendo com que a impressão superficial do ponto de fixação aumente em área. **b** - Exemplo da plataforma de gelo Abbot de espessamento da plataforma de gelo aumentando a expressão da superfície dos pontos de fixação entre 1973 (imagem Landsat-1) e 2022 (imagem Landsat-8). **c** - O afinamento da plataforma de gelo reduz o contato com a rocha subjacente, fazendo com que a expressão da superfície do ponto de fixação diminua em área. As linhas pontilhadas representam a mudança na espessura da plataforma de gelo. **d** - Exemplo da plataforma de gelo Stange de afinamento da plataforma de gelo reduzindo a expressão superficial de pontos de fixação entre 1973 (imagem Landsat-1) e 2022 (imagem Landsat-8). Barras de escala, 25 km (**b**) e 10 km (**d**). Esses pontos de fixação são formações visíveis em imagens ópticas, evidenciando interações entre a plataforma de gelo e o leito rochoso subjacente (MILES; BINGHAM, 2024).

Figura 3 - Esquema dos processos que causam alterações na expressão superficial dos pontos de fixação:



Fonte: Adaptado: (MILES; BINGHAM, 2024).

O sensoriamento remoto tem sido um instrumento fundamental para o monitoramento climático e da Amazônia, devido à sua capacidade de fornecer informações precisas e abrangentes sobre as mudanças ambientais em larga escala. A Amazônia é uma das regiões mais importantes do planeta em termos de biodiversidade, clima e papel na regulação do clima global. Portanto, entender as mudanças climáticas nesta região é essencial para

o conhecimento sobre o sistema terrestre e para a busca de soluções para os desafios ambientais enfrentados atualmente (BEM *et al.*, 2020).

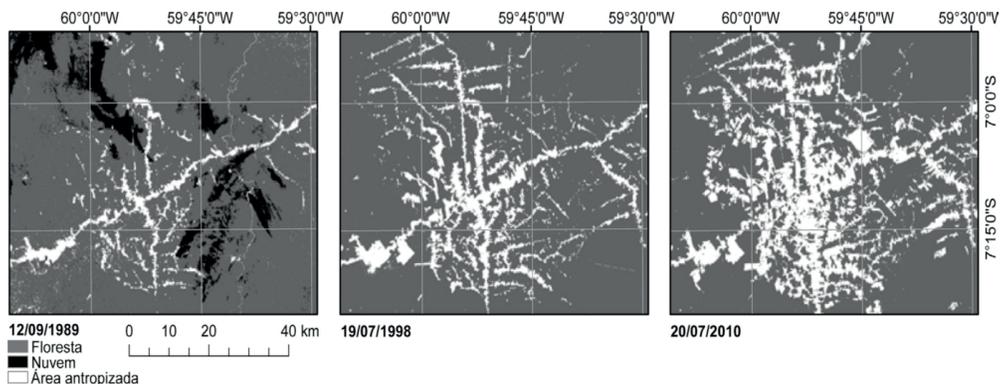
Por ser uma região de difícil acesso e apresentar uma imensidão territorial, o sensoriamento remoto desempenha um papel crucial no monitoramento da floresta amazônica, tendo em vista que, através das imagens de satélite, é possível identificar áreas desmatadas, bem como os padrões de corte raso e de exploração ilegal de recursos naturais. Ao obter essas informações é possível planejar e aplicar políticas públicas voltadas especificamente para o combate a ilícitudes como, por exemplo, o garimpo ilegal, o desmatamento e a grilagem de terras dentro dos parques nacionais (CABRAL *et al.*, 2018).

Além disso, o sensoriamento remoto permite estudar a biodiversidade da Amazônia, mapeando áreas de conservação, habitat de espécies ameaçadas e dinâmica dos animais. Ademais, oferece uma base sólida de informações para a tomada de decisões em relação à política ambiental e à gestão territorial da Amazônia. Ao fornecer dados objetivos e atualizados, essa tecnologia ajuda a embasar argumentos científicos, impulsionando ações governativas e da sociedade civil conduzidas para a proteção da região e do clima global (PAIVA *et al.*, 2020). É o que se pode observar no estudo de Pavão *et al.*, (2017), ao proporcionar uma valiosa contribuição na análise da distribuição espacial das variáveis ambientais.

Os autores investigaram o impacto da conversão de cobertura natural em pastagem e área urbana no sul do Amazonas. O objetivo de seu estudo era avaliar os efeitos do desmatamento nas variáveis biofísicas em Apuí-AM, utilizando imagens Landsat 5 TM fornecidas pelo Serviço Geológico dos Estados Unidos (USGS).

A imagem (Figura 4) retrata a evolução da distribuição de áreas florestais e antropizadas em 1989, 1998 e 2010. A imagem de 20/07/2010 foi processada utilizando o método SEBAL (Surface Energy Balance Algorithm for Land). Os resultados indicaram um aumento de 20% no desmatamento em Apuí nos últimos 20 anos analisados. As áreas de floresta foram substituídas por regiões antropizadas entre 1989 e 2010, representando aproximadamente 20% de mudança no quadrante de estudo durante esse período. A área antropizada em 1998 foi 51% maior do que em 1989, e em 2010, esse aumento foi de 59% em comparação com 1998 (PAVÃO *et al.*, 2017).

Figura 4- Localização de áreas de Floresta e antropizada em 1989, 1998 e 2010 no município de Apuí, Amazonas.



Fonte: Adaptado: (PAVÃO *et al.*, 2017).

A importância do sensoriamento remoto transcende fronteiras, abrangendo desde a ciência e a gestão ambiental até a agricultura, planejamento urbano, previsão de desastres naturais, ou seja, o sensoriamento remoto pode ser utilizado em diferentes áreas do conhecimento ou mesmo dentro do empreendedorismo, uma vez que tem se destacado no setor agrícola, por permitir a análise da saúde das plantações, a identificação de áreas com necessidade de irrigação ou aplicação de fertilizantes e prevenção de pragas e doenças, eficiência e produtividade agrícola (ROY *et al.*, 2014).

A aplicação do sensoriamento remoto multiespectral emerge como uma abordagem confiável e viável para apoiar os agricultores na tomada de decisões visando práticas de manejo aprimoradas, resultando em uma produção agrícola mais eficiente e sustentável. Isso é evidenciado no estudo de MARIN *et al.* (2019), que teve como objetivo identificar e mapear o estresse em plantações de café, originado por variáveis bióticas e abióticas. Utilizando índices de vegetação derivados de imagens multiespectrais do Landsat-5 Thematic Mapper (TM), o autor estabeleceu uma malha amostral composta por 67 pontos, cada um compreendendo cinco plantas.

A análise abrangeu a incidência de cercosporiose, infestação do bicho-mineiro nas folhas, pH, matéria orgânica e textura do solo, além dos teores foliares de nutrientes, correlacionando-os com 16 índices de vegetação obtidos de imagens na época das análises. Os índices de vegetação, como o Índice de Vegetação por Diferença Normalizada (NDVI), demonstraram uma distribuição espacial semelhante às variáveis agrônômicas na plantação. Essa métrica avalia a saúde das plantas com base na reflexão de luz, especialmente a radiação solar, em frequências específicas. Este índice varia de -1 a 1, refletindo o vigor da cultura. Valores próximos a 1 indicam intensidade no verde, representando vigor na vegetação e cobertura vegetal, valores próximos a 0 correspondem a áreas com pouca vegetação, estágios iniciais de cultivo, solos nus ou áreas não produtivas, já valores

negativos geralmente estão associados a áreas de água, neve ou nuvens (MARIN, *et al.*, 2019).

O estudo de Marin et al, (2019) revelou correlações positivas entre os índices e a infestação do bicho-mineiro, teores de silte e argila no solo, bem como concentrações de Mg, Cu, B e Mn nas folhas. Por outro lado, foram observadas correlações negativas com a incidência de cercosporiose, pH e teor de areia no solo.

O NDVI, proposto por (ROUSE *et al.*, 1974), é calculado pela relação a seguir:

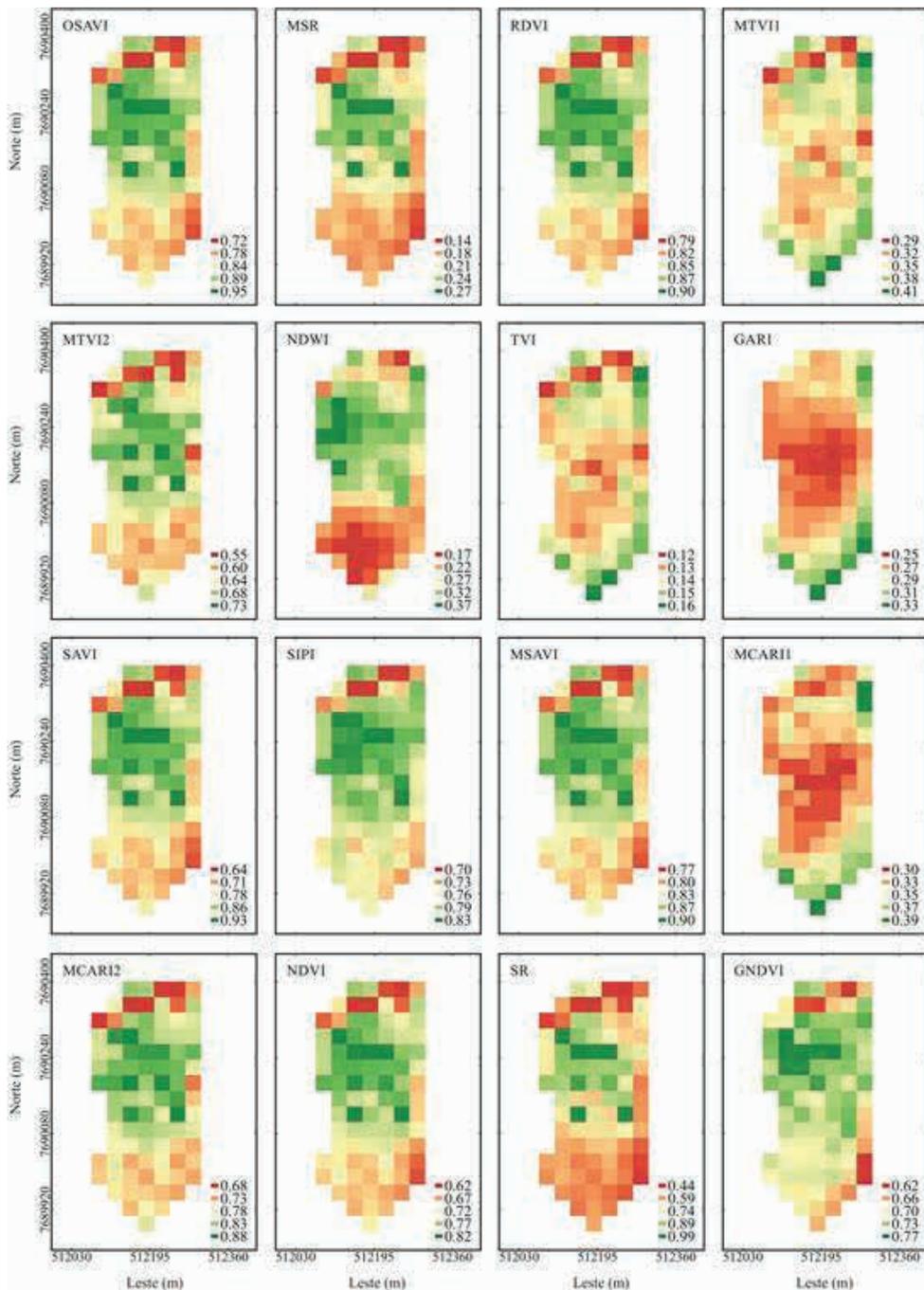
$$\text{NDVI} = (\text{NIR} - \text{R}) / (\text{NIR} + \text{R})$$

Onde NIR representa a reflectância da vegetação na banda do infravermelho próximo, e R a reflectância da vegetação na banda do vermelho.

Esses resultados permitiram o mapeamento e a identificação das alterações na reflectância espectral das plantas de café, associadas a variáveis agrônomicas. O estudo evidenciou o potencial dos índices de vegetação derivados de imagens multiespectrais Landsat-5 TM na detecção e mapeamento do estresse nas plantas de café causado por variáveis ambientais bióticas e abióticas (Figura 5). Além disso, os achados contribuem para um gerenciamento mais eficaz das plantações de café, promovendo a sustentabilidade por meio da utilização mais racional de fertilizantes e produtos fitossanitários. Essa constatação ressalta a importância do sensoriamento remoto não apenas na agricultura, mas também em diversas áreas de pesquisa científica contemporânea (MARIN *et al.*, 2019).

Com base nos resultados obtidos, os autores sugerem que a relação entre os índices de vegetação e a presença de cercosporiose e bicho-mineiro nas folhas está ligada ao vigor das plantas na presença dessas pragas. Eles observam que à medida que o vigor das plantas aumenta, acompanhado por mais folhas, há uma diminuição na reflectância nas bandas visíveis (azul, verde e vermelho) e um aumento na banda do infravermelho próximo (MARIN *et al.*, 2019).

Figura 5 - Mapas de distribuição espacial dos índices de vegetação, em lavoura cafeeira (*Coffea arabica*), derivados de imagem multiespectral Landsat-5 TM, na data de 18/05/2006.



Fonte: Adaptado: (MARIN *et al.*, 2019).

Adicionalmente, o aumento na quantidade de folhas contribui para um maior teor de água nas plantas, resultando em menor refletância no infravermelho médio. Portanto, a correlação negativa entre os índices de vegetação e a incidência de cercosporiose nas folhas pode ser explicada pela diminuição do vigor vegetativo das plantas na presença dessa patologia (MARIN *et al.*, 2019).

Além do mais, o sensoriamento remoto é fundamental para entender a dinâmica dos rios e lagos na região. Com sensores de radar e altimetria, é possível monitorar o nível das águas, identificar áreas de inundação e mapear as mudanças sazonais nos cursos d'água, o que é especialmente importante para comunidades ribeirinhas e atividades sustentáveis dependentes dos recursos hídricos. Outra aplicação relevante é o monitoramento das queimadas e incêndios florestais. Sensores térmicos e ópticos são utilizados para detectar e monitorar focos de calor, fornecendo informações em tempo quase real para o combate a incêndios e para avaliação dos impactos ambientais (PAIVA *et al.*, 2020).

Enfim, é interessante enfatizar a versatilidade da tecnologia, com um impacto significativo nas mais diversas áreas de estudo na atualidade. Seu uso generalizado e sua capacidade de fornecer informações abrangentes e em tempo real são fundamentais para a tomada de decisões controladas, a preservação do meio ambiente, o desenvolvimento sustentável e a promoção do bem-estar humano (MARVIN *et al.*, 2016; WULDER *et al.*, 2022).

Com o avanço das tecnologias, a utilização de drones também se tornou comum na agricultura de precisão. Os drones são equipados com sensores capazes de captar imagens em alta resolução, proporcionando uma visão detalhada das lavouras ao nível de planta, isso permite uma abordagem ainda mais precisa no monitoramento e manejo das culturas (SISHODIA; RAY; SINGH, 2020).

O sensoriamento remoto também desempenhou um papel crucial na segurança alimentar. Devido à sua capacidade de monitorar áreas agrícolas ao nível global, identificar padrões de produção e detectar possíveis crises alimentares com antecedência, essa tecnologia coleta informações em tempo real sobre as condições das safras, detecção de secas ou inundações e permite o acompanhamento da produção agrícola. Desse modo, tem sido essencial para a tomada de decisões políticas e para ações de assistência humanitária em regiões reservadas (KARTHIKEYAN; CHAWLA; MISHRA, 2020).

#### **4. MISSÕES SENTINEL: UTILIZAÇÃO DO SENTINEL NO MONITORAMENTO AMBIENTAL**

A série de satélites SENTINEL foi iniciada em 2014 como parte de um projeto conjunto entre a Agência Espacial Europeia (ESA) e a Comissão Europeia, em consonância com o Programa Copernicus (Figura 6). Esta série evoluiu a partir de iniciativas anteriores da ESA, como ERS, ENVISAT e SPOT, com o propósito de monitorar recursos naturais, uso

da terra, ambientes marinhos, clima e desastres naturais. Inicialmente denominada Global Monitoring for Environment and Security (GMES), a missão foi rebatizada como Sentinel em 2012 (EMBRAPA, 2020).

A missão é composta por pares de satélites especializados, cada um direcionado a diferentes áreas de interesse. Os satélites SENTINEL-1 são utilizados para monitoramento terrestre e oceânico, equipados com sensores de radar. Enquanto isso, os satélites SENTINEL-2 foram projetados para monitorar vegetação, solos e áreas costeiras, empregando sensores ópticos de alta resolução espacial. A terceira série concentra-se no monitoramento marinho, carregando sensores ópticos e radares específicos para essa finalidade. As séries 4 e 5 são dedicadas ao monitoramento da qualidade do ar (EMBRAPA, 2020).

O primeiro satélite da série, o Sentinel-1A, foi equipado com um sensor de radar SAR e lançado em 2014. O Sentinel-1B, lançado em 2016, também transportava o mesmo sensor, além de outros instrumentos de várias agências de pesquisa europeias. O Sentinel-2A, lançado em 2015, foi o primeiro satélite óptico da série, equipado com um sensor multiespectral MSI. Seu sucessor, o Sentinel-2B, lançado em 2017, compartilha os mesmos objetivos e o mesmo sensor MSI (EMBRAPA, 2020).

Em 2016, o Sentinel-3A foi lançado, seguido pelo Sentinel-3B dois anos depois, ambos equipados com uma variedade de sensores para mapeamento de terras e oceanos, monitoramento de embarcações, altímetro embutido, sensor de precisão orbitográfica, entre outros. Conforme indicado no site da Copernicus, o Sentinel-6 Michael Freilich representa a próxima missão de referência em altimetria de radar, destinada a ampliar a tradição de medições de altura da superfície do mar pelo menos até 2030. Esta missão satelital de observação da Terra foi concebida para garantir uma continuidade robusta às séries temporais do nível médio do mar e do estado oceânico, que tiveram início em 1992 com a missão TOPEX/Poseidon (EMBRAPA, 2020).

Figura 6 - Missões sentinelas de 1 a 6, respectivamente



Fonte: Adaptado: (EUROPEAN SPACE AGENCY, [S.d.]).

Um dos sistemas mais notáveis nessa área de obtenção de informações do espaço é o Sentinel-2, uma missão europeia, que foi pensada em uma sucessão ao SPOT e Landsat, o qual utiliza imagens multiespectrais de ampla faixa, ou seja, possui alta resolução. Os satélites gêmeos voam na mesma órbita, mas estão em fase de 180°, e a especificação completa da missão foi projetada para fornecer uma alta frequência de revisitas de 5 dias no Equador. O Sentinel-2 está equipado com uma carga útil de instrumento óptico que amostra 13 bandas espectrais, incluindo: Quatro bandas a 10 m, seis bandas a 20 m, e três bandas com resolução espacial de 60 m (GISGEOGRAPHY, 2024).

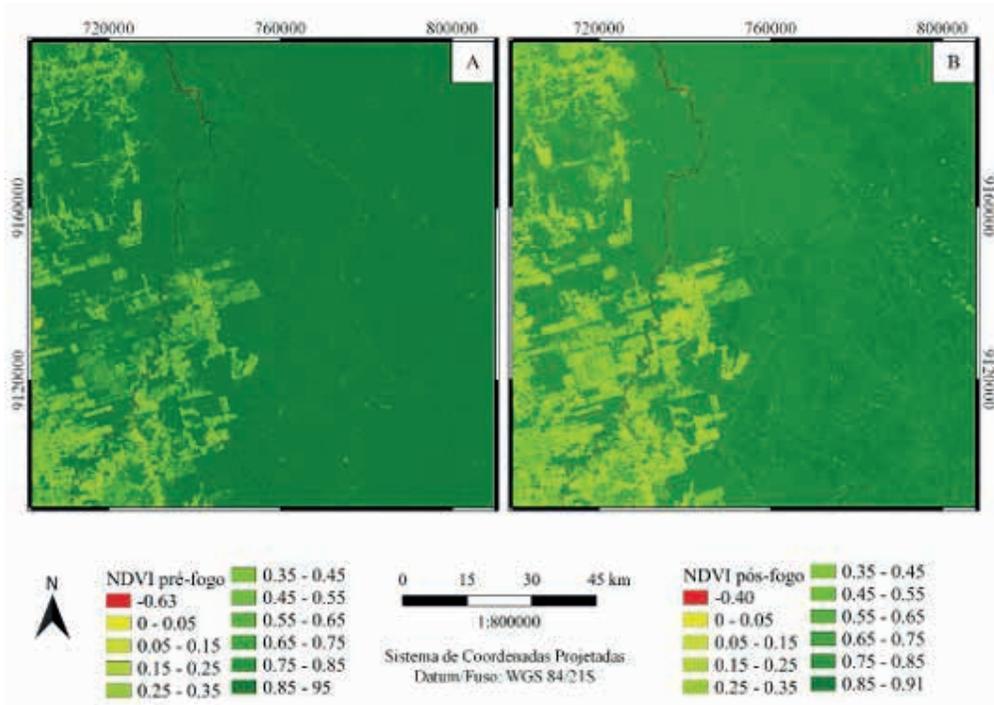
O Sentinel-2 é um satélite de observação da Terra desenvolvido pela Agência Espacial Europeia (ESA), e desempenha um papel crucial em diversas áreas, incluindo

o monitoramento ambiental, a gestão de recursos naturais, a agricultura, o planejamento urbano e a resposta a desastres naturais. Seu conjunto de sensores captura imagens de alta resolução e multiespectrais da superfície terrestre, permitindo análises em tempo quase real (VUOLO *et al.*, 2016), como no exemplo do estudo conduzido com o propósito de avaliar a intensidade das queimadas na região sudeste da Amazônia. Para alcançar os objetivos, os autores utilizaram cálculos de índices espectrais em imagens do satélite Sentinel-2. O foco da análise foi em áreas queimadas de origem antrópica, empregando tanto imagens Sentinel-2 quanto índices espectrais. Realizado por Silva; Beltrão e Santos (2023), esse estudo responde à necessidade de uma compreensão mais aprofundada das queimadas amazônicas e seus impactos.

O programa BD Queimadas foi empregado para identificar o período de ocorrência dos focos de calor. A delimitação das cicatrizes de queimada envolveu a diferença entre imagens de NBR pré e pós-fogo. As análises de severidade das queimadas foram baseadas em cálculos das diferenças temporais nos índices NBR e NDVI. Os resultados indicaram que as cicatrizes de queimadas estavam predominantemente concentradas na parte oeste da cena, coincidindo com a localização da BR-163. Cerca de 24% da área estudada foi identificada como área queimada, com classificações de severidade baixa em áreas de floresta (SILVA; BELTRÃO; SANTOS, 2023).

A utilização dos índices do NBR e de NDVI permitiu identificar a perda de saúde vegetal nas áreas adjacentes às queimadas. Concluiu-se que esses índices, juntamente com suas variações temporais, representam ferramentas cruciais para classificar áreas queimadas. Isso é especialmente relevante devido às limitações de trabalho de campo na Amazônia para avaliar a gravidade dos efeitos do fogo. Além disso, essas ferramentas podem ser empregadas na gestão pública e em pesquisas acadêmicas, proporcionando uma base sólida para compreender os impactos das queimadas. A Figura 7 destaca a diferença na tonalidade da vegetação nas imagens de NDVI antes (Figura 7-A) e após (Figura 7-B) as queimadas, evidenciando a transição do verde escuro para tons mais amarelos, indicativos da diminuição nos valores de NDVI (SILVA; BELTRÃO; SANTOS, 2023).

Figura 7 - NDVI para a cena 21MYM Sentinel-2 MSI antes (A) e após (B) a ocorrência do fogo, em 2020



Fonte: Adaptado: (SILVA; BELTRÃO; SANTOS, 2023)

Uma das principais vantagens do sensoriamento remoto é a capacidade de monitorar mudanças ambientais. O Sentinel-2 auxilia na detecção de desmatamento, desgaste do solo, perda de biodiversidade, combustível na água e outros fenômenos relacionados ao meio ambiente. Essas informações são valiosas para a implementação de políticas de conservação e mitigação de impactos ambientais. Os dados abundantes dos satélites Copernicus, combinados com dados in-situ, suportam uma variedade de serviços de informação. O uso de dados de detecção remota no estudo das mudanças globais está em ascensão, impulsionado pela expansão das observações via satélite ao longo de períodos mais extensos e pelo aumento do número de sensores e medições que oferecem maior conhecimento sobre nosso planeta. Uma maneira de visualizar essas imagens e utilização de dados, inclusive com processamento em falsa-cor e aplicação de índices de vegetação, é por meio da ferramenta EO Browser, da plataforma Sentinel Hub <https://www.sentinel-hub.com/explore/eobrowser>, ou pela plataforma do United States Geological Survey (USGS) <https://earthexplorer.usgs.gov/>, sem a necessidade de download e processamento das imagens (GONZAGA *et al.*, 2022).

Há por parte dos responsáveis pelo programa e agencia espacial um incentivo a utilizar os dados do Copernicus para enfrentar diversos desafios sociais. Recentemente, a

Revista de Teledetección, pertencente à Asociación Española de Teledetección, divulgou um volume especial (vol. 56, 2020) destacando as diversas aplicações dos satélites Sentinel, com destaque para o S2.

Na agricultura, o Sentinel-2 fornece dados sobre a saúde das culturas, otimizando o uso de recursos, como água e fertilizantes, e confiante para o aumento da produtividade agrícola. Além disso, ajuda na detecção de pragas e doenças, prevenindo perdas significativas nas colheitas (SEGARRA *et al.*, 2020).

No contexto urbano, o sensoriamento remoto auxilia no planejamento e na gestão das cidades, o Sentinel-2 pode identificar mudanças no uso do solo, crescimento urbano desordenado e áreas mais suscetíveis à ocorrência de desastres naturais, permitindo decisões mais controladas para um desenvolvimento sustentável (LEE *et al.*, 2020). Outra importância do Sentinel-2 é sua utilidade em situações de emergência e resposta a desastres. Com sua capacidade de capturar imagens frequentes, é possível monitorar incêndios florestais, inundações, terremotos e outros eventos, auxiliando equipes de resgate e autoridades na tomada de decisões rápidas e eficazes (TARPANELLI; MONDINI; CAMICI, 2022).

Dando ênfase à importância da utilização do sensoriamento remoto para analisar o meio urbano e o processo de urbanização das grandes cidades, podemos citar a pesquisa realizada pelo instituto brasileiro de geografia e estatística em 2019 (IBGE, 2020), sobre áreas urbanizadas do Brasil, o qual tinha como objetivo analisar e mensurar a distribuição e a extensão das manchas urbanas no país, assim como avaliar seu crescimento. A metodologia utilizou modelagem geográfica e mapeamento, examinando padrões espaciais nas áreas edificadas para aprofundar a compreensão de questões urbanas. A representação espacial do fenômeno urbano foi realizada por meio da interpretação de imagens de satélite, especificamente do satélite Sentinel-2/MSI, com resolução de 10 m.

O processo de mapeamento envolveu a delimitação de feições urbanizadas por meio da interpretação visual, utilizando um Sistema de Informação Geográfica de código aberto. Imagens orbitais de alta resolução do Google Earth/Google Maps foram consultadas e incorporadas como camada auxiliar no SIG.

Além da interpretação visual, as áreas urbanizadas foram identificadas com base em informações fornecidas pelo IBGE, como vetoriais: Áreas Urbanizadas do Brasil 2015, Malha de Setores Censitários: Brasil 2019. A Malha de Setores Censitários foi utilizada com atributos que possibilitam uma aproximação do fenômeno urbano. Dentre as categorias definidas, os Setores Censitários de interesse incluíram áreas urbanas com alta densidade de edificações, núcleos urbanos, aglomerados rurais (povoados, núcleos, lugarejos), e outras. O resultado do processo de mapeamento proporcionou a obtenção de produtos visuais, representados pelas (Figuras 8), e contribuiu para uma compreensão mais aprofundada da distribuição e expansão das áreas urbanizadas no Brasil em 2019.

Figura 8 - Áreas densas no Município de Prudentópolis (PR) - 2019



Fonte: Adaptado: IBGE, Diretoria de Geociências, Coordenação de Meio Ambiente, Áreas Urbanizadas do Brasil 2019.

Nota: Camada de informação de base composta por imagens do Satélite Sentinel-2/MSI para o ano de 2019.

O acesso aberto aos dados do Sentinel-2 também estimula o desenvolvimento de pesquisas científicas, impulsionando avanços em áreas como climatologia, oceanografia e ciências atmosféricas. Em uma explanação mais generalizada, o Sentinel-2 desempenha um papel essencial para o entendimento e a preservação do nosso planeta. Suas aplicações têm impacto direto nas áreas ambiental, agrícola, urbana e de gestão de desastres. Ao fornecer informações precisas e atualizadas, contribui para a sustentabilidade, a segurança e o desenvolvimento da sociedade em um contexto global (LEE *et al.*, 2020).

A agricultura familiar sustentável é uma prática cada vez mais valorizada, pois além de promover a segurança alimentar, contribui para a preservação do meio ambiente e o desenvolvimento local (SAID *et al.*, 2021). Nesse contexto, os quintais urbanos têm se destacado como espaços propícios para a produção de alimentos saudáveis e a conexão das comunidades com a natureza. O uso do Sentinel-2, um satélite de observação da Terra, tem desempenhado um papel significativo no monitoramento e no fortalecimento dessa prática (LEE *et al.*, 2020).

O Sentinel-2, desenvolvido pela Agência Espacial Europeia (ESA), possui uma capacidade única de capturar imagens de alta resolução e multiespectrais da superfície terrestre. Essa tecnologia possibilitou a obtenção de informações precisas sobre o uso do solo, a saúde das culturas e a dinâmica das áreas agrícolas, incluindo os quintais urbanos.

Dessa forma, os familiares e as comunidades têm acesso a dados valiosos para a tomada de decisões, o planejamento de plantações e a avaliação do desempenho agrícola (VUOLO *et al.*, 2016). A utilização do Sentinel-2 para o monitoramento da agricultura familiar sustentável traz diversos benefícios. Primeiramente, possibilita a identificação de mudanças no uso do solo e na vegetação. Segundo, permite o controle e planejamento das plantações e o impacto de práticas agrícolas, como o manejo de fertilizantes e pesticidas, visando

a redução de impactos ambientais e o aumento da produtividade. Além disso, a análise multiespectral possibilita a detecção precoce de doenças e pragas nas plantas, permitindo intervenções oportunas e eficazes para evitar perdas nas colheitas. Isso é especialmente relevante para um sistema familiar agrícola, que muitas vezes possui recursos limitados e não pode arcar com grandes pagamentos (SAID *et al.*, 2021).

Outro aspecto importante é a promoção da segurança alimentar nas comunidades urbanas. O monitoramento com o Sentinel-2 permite identificar áreas disponíveis para a agricultura e estimular a produção local de alimentos frescos e saudáveis. Os quintais urbanos podem se tornar verdadeiras fontes de abastecimento, diminuindo a dependência por alimentos importados e incentivando a autonomia alimentar das famílias. Além disso, o uso do Sentinel-2 em conjunto com tecnologias de sensoriamento remoto e geoprocessamento possibilita o planejamento territorial adequado, evitando conflitos de uso da terra e preservando áreas de interesse ambiental (QIU; TAROLLI, 2023).

Neste contexto, o Sentinel-2 tem desempenhado um papel fundamental no monitoramento da agricultura familiar sustentável em quintais urbanos. Sua tecnologia tecnológica fornece informações precisas e reforçadas, promovendo o uso responsável dos recursos naturais, a redução do desperdício de alimentos e a segurança alimentar nas comunidades urbanas, fazendo desta tecnologia uma aliada a políticas públicas tanto âmbito ambiental como no combate a fome (LUDWIG *et al.*, 2021).

Com base nas informações disponíveis e no enfoque do sensoriamento remoto em áreas urbanas, incluindo quintais, destaca-se a relevância do Índice de Vegetação por Diferença Normalizada (NDVI). O NDVI pode e deve ser empregado em estudos relacionados a essa temática, como já destacado neste estudo. Nesse contexto, a Classificação Supervisionada de Imagens, seguida pela produção de mapas, tem sido extensivamente utilizada para monitorar e quantificar o impacto humano crescente nas áreas urbanas.

## **5. PERSPECTIVAS FUTURAS E TENDÊNCIAS, NOVAS TECNOLOGIAS**

Na área de sensoriamento remoto em estudos ambientais, algumas perspectivas futuras e tendências incluem integração de sensoriamento remoto com outras disciplinas e tecnologias: O avanço das tecnologias como Inteligência Artificial e *Big Data* tem proporcionado oportunidades para a integração do sensoriamento remoto com essas disciplinas (OSCO *et al.*, 2021). Essa integração permite o uso de algoritmos avançados para análise e interpretação dos dados e sensoriamento remoto, bem como o processamento de grandes volumes de dados. Além disso, a integração com outras tecnologias, como sensores emergentes e redes de sensores, permite a coleta de dados mais precisa e em tempo real.

Em relação à aplicações em estudos ambientais de grande escala, o sensoriamento remoto tem sido amplamente utilizado em estudos ambientais de grande escala, como monitoramento de florestas, monitoramento oceânico, detecção de mudanças climáticas e desastres naturais. Essas aplicações em grande escala tendem a se expandir e aprimorar no futuro, com o desenvolvimento de tecnologias mais avançadas, como sensores de alta resolução espacial e espectral, satélites de menor custo e melhor cobertura, e algoritmos mais eficientes para análise e interpretação dos dados (SHRIVASTAVA, 2020).

Novas tecnologias e sensores emergentes: Com os avanços contínuos na tecnologia, novos sensores e tecnologias estão surgindo no campo do sensoriamento remoto. Essas novas tecnologias incluem: - Sensores hiperspectrais: Esses sensores capturam uma ampla gama de comprimentos de onda, permitindo uma análise mais detalhada e precisa das propriedades dos objetos e do ambiente. - Sensores LIDAR: Esses sensores utilizam pulsos de laser para medir a distância entre o sensor e os objetos, permitindo a criação de modelos tridimensionais e o mapeamento detalhado da superfície terrestre. - Drones e VANTs: Essas tecnologias permitem a coleta de dados de sensoriamento remoto a partir de plataformas móveis e flexíveis, possibilitando uma cobertura mais precisa e detalhada das áreas de interesse (WEI ; GUO, 2018).

A integração do sensoriamento remoto com outras disciplinas e tecnologias tem ampliado as possibilidades de aplicação e os benefícios do sensoriamento remoto em estudos ambientais. A integração do sensoriamento remoto com essas disciplinas permite a utilização de algoritmos avançados para análise e interpretação de dados de sensoriamento remoto, bem como o processamento de grandes volumes de dados. Além disso, a integração com outras tecnologias, como sensores emergentes e redes de sensores, permite uma recolha de dados mais precisa e em tempo real.

Alguns exemplos de consorcio entre sensoriamento remoto e outras disciplinas são: i) Utilização de algoritmos avançados para análise de dados: A incorporação de Inteligência Artificial e *Big Data* pode melhorar a capacidade de analisar e interpretar grandes conjuntos de dados a partir de sensoriamento remoto. ii) Processamento de grandes volumes de dados: Ao integrar o sensoriamento remoto com tecnologias computacionais avançadas, é possível gerenciar e analisar grandes volumes de dados ambientais de forma mais eficiente. iii) Integração com sensores e redes de sensores emergentes: A adoção de novas tecnologias de sensores e a sua ligação numa rede pode levar a uma recolha de dados mais precisa em tempo real, o que é essencial para monitorizar dinâmicas ambientais rápidas e responder a eventos críticos, como desastres naturais e iv) Aplicações práticas: Em estudos ambientais, isto pode traduzir-se numa melhor monitorização florestal, avaliação da qualidade da água, detecção de poluição, investigação sobre alterações climáticas, bem como gestão de recursos naturais e resposta a catástrofes (PIMENTEL *et al.*, 2022; NOVO *et al.*, 2005) (GASPARINI *et al.*, 2013,(COSTA *et al.*, 2018).

## 6. CONSIDERAÇÕES FINAIS

O sensoriamento remoto é uma ferramenta poderosa e indispensável em diversas áreas da ciência, tecnologia, meio ambiente, agricultura, gestão de recursos naturais, planejamento urbano e na pesquisa científica como instrumento facilitador para obtenção de informações, possibilitando até mesmo realizar comparações entre áreas em determinado período. Por meio de dados obtidos por sensoriamento remoto, por exemplo, é possível analisar a dinâmica espacial da expansão urbana sob a área de proteção ambiental e o processo de urbanização das cidades. No contexto urbano, o Sentinel-2 é uma ferramenta essencial para o planejamento e a gestão das cidades, permitindo a identificação de áreas caracterizadas por desastres naturais, o acompanhamento do crescimento urbano e a promoção do desenvolvimento urbano sustentável.

Além disso, o acesso aberto aos dados do Sentinel-2 estimula o desenvolvimento de pesquisas científicas em diversas áreas, trazendo avanços para o conhecimento humano e sua relação com o ambiente. Dito isto, o sensoriamento remoto, com a contribuição notável do Sentinel-2, tem revolucionado a forma como compreendemos e interagimos com o nosso planeta, pois sua capacidade de fornecer informações precisas e atualizadas tem impulsionado a sustentabilidade e a segurança global, posicionando-o como uma ferramenta fundamental para a preservação do meio ambiente e o desenvolvimento humano em um contexto de demanda crescente por recursos naturais. Um dos pontos positivos de todo o programa Landsat (e das imagens do Sentinel 2) é que ele é totalmente aberto ao público para download.

## REFERÊNCIAS

- AGGARWAL, S. Principles of remote sensing. *Satellite remote sensing and GIS applications in agricultural meteorology*, v. 23, n. 2, p. 23–28, 2003
- BELWARD, A. S.; SKØIEN, J. O. Who launched what, when and why; trends in global land-cover observation capacity from civilian earth observations satellites. *ISPRS Journal of Photogrammetry and Remote Sensing*, v. 103, p. 115–128, maio 2015.
- BEM, P. DE et al. Change Detection of Deforestation in the Brazilian Amazon Using Landsat Data and Convolutional Neural Networks. *Remote Sensing*, v. 12, n. 6, p. 901, 11 mar. 2020.
- CABRAL, A. I. R. et al. Deforestation pattern dynamics in protected areas of the Brazilian Legal Amazon using remote sensing data. *Applied Geography*, v. 100, p. 101–115, nov. 2018.
- COHEN, C. J. Early History of Remote Sensing. *Proceedings 29th Applied Imagery Pattern Recognition Workshop*, v. 2000- January, p. 3–3, 1 out. 2000. Acesso em: 5 mar. 2024.
- CRACKNELL, A. P.; VAROTSOS, C. A. Editorial Sir John Houghton. *Remote Sensing Letters*, v. 12, n. 4, p. 364–376, 3 abr. 2021.

EMBRAPA. Satélites de Monitoramento. Disponível em: <<https://www.embrapa.br/satelites-de-monitoramento>>. Acesso em: 5 mar. 2024.

EUROPEAN SPACE AGENCY. Sentinel Overview. [S.l: s.n.], [S.d.]. Disponível em: <<https://sentinel.esa.int/web/sentinel/missions>>. Acesso em: 5 mar. 2024.

GISGEOGRAPHY. 10 pacotes de software de sensoriamento remoto de código aberto. Disponível em: <<https://gisgeography.com/open-source-remote-sensing-software-packages/>>. Acesso em: 5 mar. 2024.

GONZAGA, C. A. C., Fernandes, T. A., Boldrin, J. L., Correa, M. S. A., Roquette, J. G., Silva, N. M., Barbosa, D. S., Pessi, D. D., Paranhos Filho, A. C., Mioto, C. L., & Angeoletto, F. H. S. (2022). Sensoriamento remoto e o monitoramento da degradação florestal por entidades governamentais do Brasil. *Research, Society and Development*, 11(5), e28811528323. <https://doi.org/10.33448/rsd-v11i5.28323>. Acesso em 25 de set 2024.

HEMATI, M. et al. A Systematic Review of Landsat Data for Change Detection Applications: 50 Years of Monitoring the Earth. *Remote Sensing*, v. 13, n. 15, p. 2869, 22 jul. 2021.

IBGE. Áreas Urbanizadas. Disponível em: <[https://www.ibge.gov.br/geociencias/organizacao-do-territorio/tipologias-do-territorio/15789-areas-urbanizadas.html?=&t=o-que-e%20e%20https://www.ibge.gov.br/%20apps/areas\\_urbanizadas/#/home](https://www.ibge.gov.br/geociencias/organizacao-do-territorio/tipologias-do-territorio/15789-areas-urbanizadas.html?=&t=o-que-e%20e%20https://www.ibge.gov.br/%20apps/areas_urbanizadas/#/home)>. Acesso em: 7 mar. 2024.

JURADO, J. M. et al. Remote sensing image fusion on 3D scenarios: A review of applications for agriculture and forestry. *International Journal of Applied Earth Observation and Geoinformation*, v. 112, p. 102856, ago. 2022.

KARTHIKEYAN, L.; CHAWLA, I.; MISHRA, A. K. A review of remote sensing applications in agriculture for food security: Crop growth and yield, irrigation, and crop losses. *Journal of Hydrology*, v. 586, p. 124905, 1 jul. 2020. Acesso em: 5 mar. 2024.

LANDSAT MISSIONS. Landsat Satellite Missions . . [S.l: s.n.], 2021.

LANDSAT SCIENCE. Timeline. . [S.l: s.n.], 2022.

LEE, K. et al. The Integration of Remote Sensing and Field Surveys to Detect Ecologically Damaged Areas for Restoration in South Korea. *Remote Sensing* 2020, Vol. 12, Page 3687, v. 12, n. 22, p. 3687, 10 nov. 2020. Disponível em: <<https://www.mdpi.com/2072-4292/12/22/3687/htm>>. Acesso em: 5 mar. 2024.

LUDWIG, C. et al. Mapping Public Urban Green Spaces Based on Open Street Map and Sentinel-2 Imagery Using Belief Functions. *ISPRS International Journal of Geo-Information* 2021, Vol. 10, Page 251, v. 10, n. 4, p. 251, 9 abr. 2021. Disponível em: <<https://www.mdpi.com/2220-9964/10/4/251/htm>>. Acesso em: 5 mar. 2024.

MARIN, D. B. et al. Sensoriamento remoto multiespectral na identificação e mapeamento das variáveis bióticas e abióticas do cafeeiro. *Revista Ceres*, v. 66, n. 2, p. 142–153, 6 jun. 2019. Disponível em: <<https://www.scielo.br/j/rceres/a/YLs8nLz9xQrPGSLLLDfNVtG/?lang=pt>>. Acesso em: 5 mar. 2024.

MARVIN, D. C. et al. Integrating technologies for scalable ecology and conservation. *Global Ecology and Conservation*, v. 7, p. 262–275, jul. 2016.

MILES, B. W. J.; BINGHAM, R. G. Progressive unanchoring of Antarctic ice shelves since 1973. *Nature*, v. 626, n. 8000, p. 785–791, 22 fev. 2024.

- NEGRI, R. G.; MENDES, T. S. G. Sensoriamento remoto, processamento de imagens e estudos ambientais. *Fronteiras da engenharia e ciências ambientais: perspectivas multidisciplinares*. [S.l.]: Editora UNESP, 2020. p. 219–243.
- NOVO, E M L D M., FERREIRA, L G., BARBOSA, C C F., CARVALHO, C., SANO, E E., SHIMABUKURO, Y E., HUETE, A., POTTER, C., ROBERTS, D.A., HESS, L.L., MELACK, J.J., YOSHIOKA, H., KLOOSTER, S., KUMAR, V., MYNENI, R.B., RATANA, P., DIDAN, K., & MIURA, T. (2005, June 1). Técnicas avançadas de sensoriamento remoto aplicadas ao estudo de mudanças climáticas e ao funcionamento dos ecossistemas amazônicos. <https://doi.org/10.1590/s0044-59672005000200016>.
- OSCO, L P., MARCATO, J., RAMOS, A P M., JORGE, L A D C., FATHOLAH, S N., SILVA, J D A., MATSUBARA, E T., PISTORI, H., GONÇALVES, W N., & LI, J. (2021, October 1). A review on deep learning in UAV remote sensing. *International journal of applied earth observation and geoinformation*, 102, 102456-102456. <https://doi.org/10.1016/j.jag.2021.102456>.
- PIMENTEL, J F F., ARENAS, R D., SANTILLÁN, S M S., APARICIO, P E G., & PIMENTEL, D E F. (2022, April 5). Application Of Remote Sensing In Environmental Studies: A Theoretical Review. <https://doi.org/10.38142/ijess.v3i1.1985>.
- PAIVA, P. F. P. R. et al. Deforestation in protectareas in theAmazon: a threattobiodiversity. *BiodiversityandConservation*, v. 29, n. 1, p. 19–38, 16 jan. 2020.
- PAVÃO, V. M. et al. Impacto da Conversão da Cobertura Natural em Pastagem e Área Urbana sobre Variáveis Biofísicas no Sul do Amazonas. *Revista Brasileira de Meteorologia*, v. 32, n. 3, p. 343–351, 1 jul. 2017. Disponível em: <<https://www.scielo.br/j/rbmet/a/K386zvC79vGrclGgqBvGqPf/?lang=pt>>. Acesso em: 5 mar. 2024.
- QIU, J.; TAROLLI, P. High-resolution mapping offlood dynamics in croplandareausingmulti-temporal Sentinel-1 SAR. *EGU23*, 22 fev. 2023. Disponível em: <<https://meetingorganizer.copernicus.org/EGU23/EGU23-9702.html>>. Acesso em: 5 mar. 2024.
- ROUSE, J. W. , JR. et al. Monitoringvegetation systems in theGreatPlainswith ERTS. NASA. Goddard Space FlightCenter 3d ERTS-1 Symp., Vol. 1, Sect. A, 1974. Acesso em: 7 mar. 2024.
- ROY, D. P. et al. Landsat-8: Science andproductvision for terrestrial global changeresearch. *Remote SensingofEnvironment*, v. 145, p. 154–172, 5 abr. 2014. Acesso em: 5 mar. 2024.
- SAID, H. et al. High-resolutionsoilmoisture mapping throughthe use ofCosmic-Ray Neutron Sensor and Sentinel-1 data for temperateandsemi-aridenvironments. *EGUGA*, p. EGU21-9688, 2021. Disponível em: <<https://ui.adsabs.harvard.edu/abs/2021EGUGA..23.9688S/abstract>>. Acesso em: 5 mar. 2024.
- SEGARRA, J. et al. Remote Sensing for PrecisionAgriculture: Sentinel-2 Improved Features andApplications. *Agronomy*, v. 10, n. 5, p. 641, 1 maio 2020.
- SILVA, A.; BELTRÃO, N.; SANTOS, N. B. Utilizando imagens Sentinel-2 e índices espectrais para análise de severidade em áreas queimadas de origem antrópica: um estudo no sudeste da Amazônia. *Revista Brasileira de Geografia Física*, v. 16, p. 489–504, 2023.
- SISHODIA, R. P.; RAY, R. L.; SINGH, S. K. Applicationsof Remote Sensing in PrecisionAgriculture: A Review. *Remote Sensing*, v. 12, n. 19, p. 3136, 24 set. 2020.

Shrivastava, S. (2020, July 2). A Review of Spatial Big Data Platforms, Opportunities, and Challenges. <https://doi.org/10.1080/09747338.2020.1835564>.

TARPANELLI, A.; MONDINI, A. C.; CAMICI, S. Effectiveness of Sentinel-1 and Sentinel-2 for flood detection assessment in Europe. *Natural Hazards and Earth System Sciences*, v. 22, n. 8, p. 2473–2489, 2 ago. 2022. Acesso em: 5 mar. 2024.

URI, J. 65 Years Ago: Sputnik Ushers in the Space Age. . [S.l.: s.n.], 2022.

VELINOV, P. I. Y. Development of advanced space sciences after first artificial satellite. *Space Research and Technology Institute Bulgarian Academy of Sciences*, v. 29, p. 147–157, 2017. Acesso em: 5 mar. 2024.

VIDALIS-KELAGIANNIS, M. et al. GNSS and UAV in archeology: high-resolution mapping in Cephalonia Island, Greece. *GPS and GNSS Technology in Geosciences*, p. 371–390, 1 jan. 2021. Acesso em: 11 mar. 2024.

VUOLO, F. et al. Data Service Platform for Sentinel-2 Surface Reflectance and Value-Added Products: System Use and Examples. *Remote Sensing 2016*, Vol. 8, Page 938, v. 8, n. 11, p. 938, 11 nov. 2016. Disponível em: <<https://www.mdpi.com/2072-4292/8/11/938/htm>>. Acesso em: 5 mar. 2024.

WEI, J., & GUO, Y. (2018, July 5). The application of LiDAR in land resources survey. Jianxin Wei and Yanming Guo 2018 IOP Conf. Ser.: Mater. Sci. Eng. 382 052026 DOI 10.1088/1757-899X/382/5/052026. <https://doi.org/10.1088/1757-899X/382/5/052026>.

WULDER, M. A. et al. Fifty years of Landsat science and impacts. *Remote Sensing of Environment*, v. 280, p. 113195, 1 out. 2022. Acesso em: 5 mar. 2024.

# A MEDICINA TRADICIONAL NA FORMAÇÃO INICIAL DE ENFERMEIROS: UMA REVISÃO SISTEMÁTICA DA LITERATURA

Data de aceite: 02/10/2024

### Layla de Cassia Bezerra Bagata Menezes

Universidade Federal do Oeste do Pará  
(UFOPA)  
Santarém-Pará

CV: <http://lattes.cnpq.br/3690855879929314>  
ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-9641-0236>

### Tânia Suely Azevedo Brasileiro

Universidade Federal do Oeste do Pará  
(UFOPA)  
Santarém-Pará

CV: <http://lattes.cnpq.br/7125374751055075>  
ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-8423-4466>

**RESUMO:** A “Medicina Tradicional” é um termo usado pela Organização Pan-Americana de Saúde para conceituar os conhecimentos, habilidades e práticas de saúde, baseadas nas teorias, crenças e experiências dos povos tradicionais, que podem ser explicadas ou não pelo método científico. Este capítulo tem por objetivo apresentar o estado do conhecimento da Medicina tradicional na formação inicial de enfermeiros. Para tal, foi realizada uma Revisão Sistemática da Literatura a partir do método *Systematic Search Flow* (SSF). As buscas foram realizadas

nas bases de dados: BVS, Periódicos CAPES, Scopus e Web of Science. Para a organização da bibliografia foi utilizada a ferramenta Rayyan e o processo de seleção sintetizado a partir do *Preferred Reporting Items for Systematic Reviews and Meta-Analyses* (PRISMA). No total, usando as diferentes estratégias de busca, foram identificados 159 arquivos. A composição final do portfólio conta com 9 artigos, que atenderam aos critérios dessa revisão. Destaca-se que não foram encontradas nesta revisão trabalhos na temática da Medicina tradicional na formação inicial de enfermeiros desenvolvidas no Brasil. Os artigos incluídos nessa revisão reforçam a importância da coexistência entre a medicina tradicional e a medicina moderna na formação inicial de enfermeiros, a fim de garantir um cuidado de enfermagem holístico, culturalmente sensível e que verdadeiramente atenda às necessidades de saúde das diferentes populações. Além disso, eles reforçam que profissionais que abordam essa temática em sua formação estão melhores preparados. No entanto, alguns estudos mostram que, a formação inicial de enfermeiros ainda não atende essa necessidade.

**PALAVRAS-CHAVE:** Medicina Tradicional Amazônica; Práticas Populares de Cuidado; Formação em enfermagem.

## TRADITIONAL MEDICINE IN THE INITIAL TRAINING OF NURSES: A SYSTEMATIC REVIEW OF THE LITERATURE

**ABSTRACT:** “Traditional Medicine” is a term used by the Pan American Health Organization to describe the knowledge, skills, and health practices based on the theories, beliefs, and experiences of traditional communities, which may or may not be validated by the scientific method. This chapter aims to present the current state of knowledge regarding traditional medicine in the initial training of nurses. To achieve this, a Systematic Literature Review was conducted using the Systematic Search Flow (SSF) method. The searches were performed in the following databases: VHL, CAPES Periodicals, Scopus, and Web of Science. The Rayyan tool was utilized to organize the bibliography, and the selection process was synthesized according to the Preferred Reporting Items for Systematic Reviews and Meta-Analyses (PRISMA) guidelines. In total, 159 documents were identified using various search strategies. The final portfolio comprises 9 articles that met the criteria for this review. Notably, no studies addressing the theme of traditional medicine in the initial training of nurses conducted in Brazil were found in this review. The articles included emphasize the importance of integrating traditional medicine with modern medicine in the initial training of nurses to ensure holistic, culturally sensitive nursing care that effectively addresses the health needs of diverse populations. Furthermore, they highlight that professionals who incorporate this topic into their training are better prepared. However, some studies indicate that the current initial training for nurses does not yet fulfill this requirement.

**KEYWORDS:** Traditional Amazonian Medicine: Popular Care Practices and Nursing Training.

### 1. INTRODUÇÃO

Este capítulo tem por objetivo apresentar o estado do conhecimento da medicina tradicional e como ela é incluída na formação inicial de enfermeiros. A medicina tradicional é definida pela Organização Mundial da Saúde (OMS) como “a soma de conhecimentos, habilidades e práticas baseadas em teorias, crenças e experiências de diferentes culturas, explicáveis ou não, utilizadas na manutenção da saúde, bem como na prevenção, diagnóstico, melhoria ou tratamento de doenças físicas e mentais” (WHO, 2019, p. 8). Em 2002 a OMS lançou a Estratégia de Medicina Tradicional 2002-2005 (WHO, 2002) com o objetivo de estimular os países a desenvolverem políticas que assegurassem a eficácia, a qualidade, o uso racional e o acesso às práticas tradicionais de saúde.

A criação do Sistema Único de Saúde (SUS) no Brasil em 1990 trouxe importantes discussões acerca da necessidade de políticas públicas que visem garantir a integralidade da atenção. Neste contexto, acompanhando os movimentos internacionais no que tange a medicina tradicional, o Ministério da Saúde criou a Política Nacional de Práticas Integrativas e Complementares no SUS (PNPIC) e a Política Nacional de Plantas Medicinais e Fitoterápicos (PNPMF), ambas em 2006 a fim de conhecer, apoiar, incorporar e implementar experiências que já vinham sendo desenvolvidas em municípios e estados (Brasil, 2006a; 2006b).

Em 2013 a OMS lançou a Estratégia de Medicina Tradicional da OMS 2014 – 2023 (WHO, 2013), na qual estava previsto a promoção da cobertura universal de saúde, integrando os serviços de medicina tradicional na prestação de serviços de saúde e nos cuidados de saúde próprios. Já no Brasil é criada no mesmo ano a Política Nacional de Educação Popular em Saúde (PNEPS-SUS), com vistas a promover o diálogo entre o serviço de saúde e os diversos saberes existentes em nossa cultura, valorizando o saber popular e a ancestralidade (Brasil, 2013).

Mesmo com todo esse movimento, tanto da OMS quanto do Ministério da Saúde brasileiro, bem como da própria legitimação cultural já existente no uso desses saberes e práticas pela população, ainda há uma aversão no meio acadêmico ao uso da medicina tradicional, que é consequência do próprio processo de formação dos profissionais de saúde. A partir de uma perspectiva newtoniana-reducionista, essa formação exige uma validação científica em moldes nem sempre passíveis de serem atendidos por esse tipo de saber (Pontes Filho e Bentes, 2019; Salvador Hernandez, 2011).

Além disso, a formação dos profissionais de saúde ainda é centrada em uma visão biologista e hospitalocêntrica que supervaloriza disciplinas que lidam com aspectos biológicos e de intervenções com o corpo, e que buscam cada vez mais fortalecer a incorporação do conhecimento tecnológico de alta complexidade e práticas diagnósticas e terapêuticas de custo elevado. Perpetuando, desse modo, uma formação que considera mais determinadas classes profissionais, como os médicos, e determinadas especialidades, como aquelas que exigem maiores níveis de complexidade (Haddad *et al.*, 2010; Albuquerque *et al.*, 2009). Consequentemente, gera desvalorização em modelos de cuidado em saúde que valorizam a medicina tradicional.

Outros desafios acerca da formação em saúde envolvem a fragmentação de conteúdos, a individualidade do conhecimento e a prevalência do currículo disciplinar no ensino superior, que pautado em um modelo industrial torna a vida e o contexto afastados dos espaços formadores, bem como a educação extremamente passiva. Todos esses aspectos fazem com que os profissionais de saúde deixem em segundo plano aspectos psíquicos, emocionais, culturais e ecológicos do adoecer humano (Albuquerque *et al.*, 2009; Moraes e Costa, 2016).

Considerando que a formação de recursos humanos para a área da saúde fica a cargo do Ministério da Educação e do Ministério da Saúde, e que ela deve prezar pela articulação entre as necessidades da formação e as políticas públicas do SUS, as Diretrizes Curriculares Nacionais (DCN) dos cursos da área da saúde, são elaboradas com o desafio de “estimular o abandono das concepções antigas e herméticas das grades (prisões) curriculares, de atuarem, muitas vezes, como meros instrumentos de transmissão de conhecimento e informações, e garantir uma sólida formação básica”(Brasil, 2001, p.2).

Essas diretrizes reforçam ainda que o enfermeiro deve estar capacitado para atuar nas especificidades regionais, o que envolve o conhecimento sobre saberes e práticas

tradicionais. Desse modo, considerando que existem hoje no Brasil políticas públicas que reforçam a integração da medicina tradicional no âmbito dos serviços de saúde é necessário que esse profissional esteja capacitado.

## 2. METODOLOGIA

O tipo de estudo adotado é uma revisão sistemática da literatura, processo desenvolvido para identificar o núcleo de uma revisão de literatura, extraído o que é mais relevante (Medina; Pailaquilén, 2010). Ela foi desenvolvida a partir do método *Systematic Search Flow* (SSF) (Ferenhof; Fernandes, 2016), guiada também pela aplicabilidade realizada por Ribeiro e Brasileiro (2022). O SSF é composto por 4 (quatro) fases e 8 (oito) atividades, todo o percurso seguido em cada uma dessas fases está detalhado ao longo do texto.

Na fase 1 do método SSF de definição do protocolo de pesquisa, inicialmente definiu-se a estratégia de busca (Atividade 1). Todos os descritores utilizados estavam em inglês, assumindo que todas as publicações de impacto apresentam *abstract* e *keyword*, os mesmos foram combinados por meio do operador booleano AND, bem como foram usadas aspas nos termos que apresentavam mais de uma palavra, para que fosse considerado o termo em conjunto nas buscas. Somente artigos em inglês, português e espanhol foram incluídos nesta revisão, portanto, outras formas de publicação e em outros idiomas foram excluídas. Não foi utilizado como critério de inclusão o tempo, sendo considerado os trabalhos independentes do ano de publicação.

Na Atividade 2 foram definidas as bases de dados a serem utilizadas, a saber: o Portal Regional da Biblioteca Virtual de Saúde (BVS), que é o principal espaço de integração de fontes de informação em saúde na América Latina e Caribe; o Periódicos CAPES, que além das buscas também possibilitou que por meio do Acesso CAFe (Comunidade Acadêmica Federada) a aproximação com as demais bases; o Scopus da empresa Elsevier, pela qualidade e abrangência dos dados; e o Web of Science da Clarivate Analytics e gerador da métrica de impacto Journal Citation Reports (JCR).

Uma busca inicial com o termo “Tradicional Medicine” revelou um número significativo de produções acadêmicas sobre essa temática e confirma a necessidade desta revisão ser feita de forma criteriosa e sistemática. O quadro 1 traz o demonstrativo desses achados.

Quadro 1 – Resultados das buscas nas bases de dados usando termo “Medicina Tradicional”.

ESTRATÉGIAS DE BUSCA	BASES DE DADOS	RESULTADOS
“Traditional medicine”	BVS	97.685
	Periódicos Capes	38.108
	Scopus	38.361
	Web of science	23.767
	<b>Total</b>	<b>197.921</b>

Fonte: Elaboração própria (2023).

A partir disso, foram sendo elaboradas as combinações de palavras-chave que poderiam atender as demandas dessa revisão, no sentido de compreender o que se tem produzido acerca da Medicina Tradicional voltado a formação inicial de enfermeiros. No quadro 2 são apresentadas as combinações de palavras-chave utilizadas e os resultados obtidos nas buscas.

Quadro 2 – Combinações de palavras-chave aplicadas nas quatro bases de dados e quantitativos de trabalhos identificados.

ESTRATÉGIAS DE BUSCA	BASES DE DADOS	RESULTADOS
“Traditional medicine” AND nursing AND “nursing student”	BVS	43
	Periódicos Capes	13
	Scopus	15
	Web of science	1
	<b>Subtotal</b>	<b>72</b>
“Traditional medicine” AND nursing AND “nursing degree”	BVS	40
	Periódicos Capes	0
	Scopus	0
	Web of science	0
	<b>Subtotal</b>	<b>40</b>
“Traditional Medicine” AND “Initial Training” AND nursing	BVS	26
	Periódicos Capes	1
	Scopus	0
	Web of science	0
	<b>Subtotal</b>	<b>27</b>

"Traditional medicine" AND nursing AND "nursing graduate"	BVS	19
	Periódicos Capes	1
	Scopus	0
	Web of science	0
	<b>Subtotal</b>	<b>20</b>
<b>TOTAL</b>		<b>159</b>

Fonte: Elaboração própria (2023).

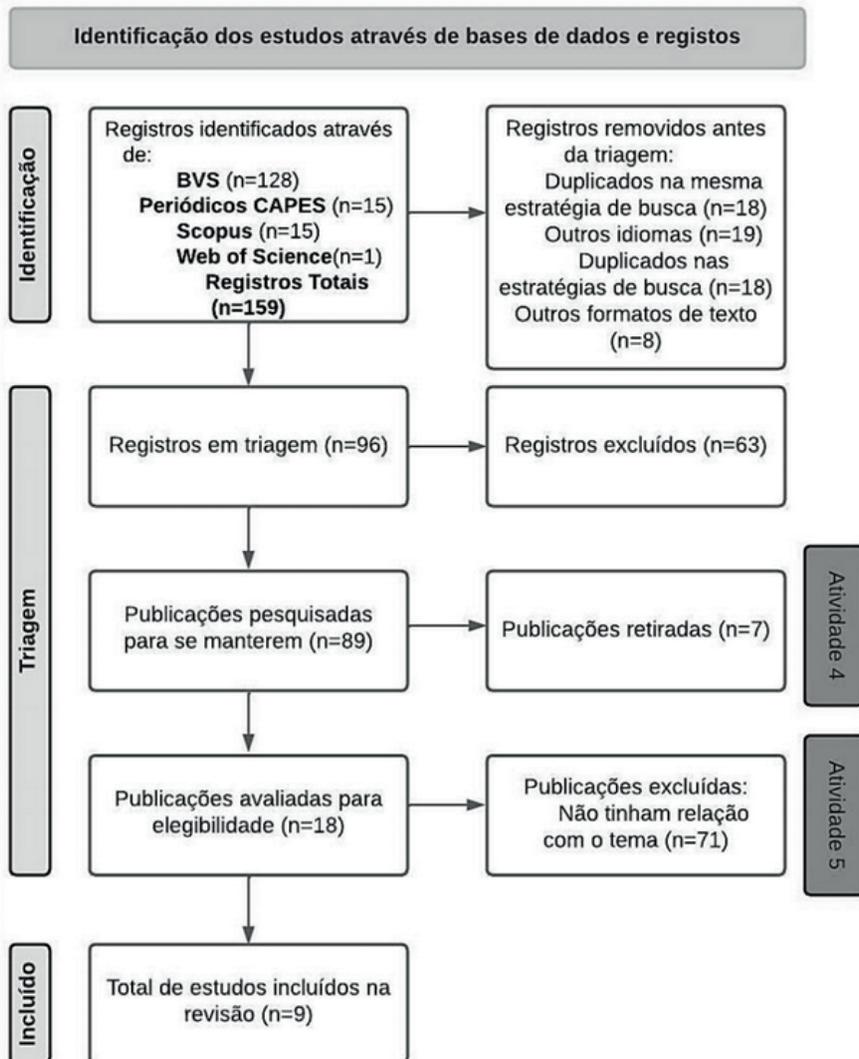
Observa-se que a combinação que apresentou um maior número de resultados em todas as bases foi "Traditional medicine" AND nursing AND "nursing student". Em todas as buscas a base que concentra o maior número de trabalho é a Biblioteca Virtual em Saúde.

Para a Atividade 3 de organização da bibliografia foi utilizado a ferramenta Rayyan, que é um aplicativo da web gratuito, desenvolvido pelo QCRI (Qatar Computing Research Institute), que auxilia os autores a realizarem revisões de literatura. Durante esse processo de organização foram aplicados quatro filtros:

1. Idioma: foram excluídos trabalhos que não estavam em inglês, português ou espanhol;
2. Duplicações encontradas em uma mesma estratégia de busca: foram excluídas as duplicadas encontradas em cada busca;
3. Duplicações encontradas nas diferentes estratégias de busca: a primeira busca utilizando a combinação "Traditional medicine"AND nursing AND "nursing student" foi a mais ampla, apresentando um maior número de resultados e, portanto, o ponto de partida da seleção do material. Tendo ela como base, foram excluídos nas buscas posteriores os artigos já identificados, desse modo cada trabalho mesmo se repetindo com diferentes estratégias de busca, só apareceu uma vez nesta revisão.
4. Outros formatos de textos: foi adotado como critério de inclusão apenas textos em formato de artigo, portanto, foram excluídos relatórios, atas, teses, dissertações, livros e capítulos de livros.

Considerando o que foi exposto anteriormente, a figura 1 traz a adaptação do fluxograma do *Preferred Reporting Items for Systematic Reviews and Meta-Analyses* (PRISMA), que sintetiza o processo de seleção dos artigos, integrando a fase 1 do SSF.

Figura 1 – Fluxograma PRISMA adaptado



Fonte: Elaboração própria (2023), adaptado de Prisma (2020).

No total, usando as diferentes estratégias de busca, foram identificados 159 artigos. Aplicando os filtros anteriormente citados, esse número foi reduzido a 96 artigos para o processo de triagem. Dentre essas publicações mantiveram-se para a leitura de títulos, resumos e palavras-chaves apenas 89 (Atividade 4 do método SSF), visto que, sete artigos não estavam disponíveis na íntegra. Após essa padronização da seleção, restaram para leitura na íntegra 18 artigos (Atividade 5 do método SSF), dos quais apenas nove tratavam sobre a formação inicial de enfermeiros, os demais eram pesquisas desenvolvidas já com profissionais formados e atuantes. A composição do portfólio conta com nove artigos,

apresentado no quadro 3, que atenderam aos critérios dessa revisão e que tratam da medicina tradicional na formação inicial de enfermeiros de forma direta ou indireta. Além disso, são apresentados os periódicos nos quais esses artigos estão publicados, bem como o Fator de Impacto (FI) dos mesmos.

Quadro 3 – Demonstrativo dos artigos incluídos na revisão pelo método SSF

<b>Autores</b>	<b>Títulos</b>	<b>Ano</b>	<b>Periódico</b>	<b>FI</b>
Zhou, LV e Zhao	Evidence based practice competence of future traditional Chinese medicine nurses: A cross-sectional online study	2022	Nurse Education Today	3.9
Ngunyulu et al.	The perspectives of nursing students regarding the incorporation of African traditional indigenous knowledge in the curriculum	2020	African Journal of Primary Health Care and Family Medicine	2
Moeta et al.	Integrating African Traditional Health Knowledge and Practices into Health Sciences Curricula in Higher Education: An Imbizo Approach	2019	International Journal of African Renaissance Studies-Multi-, Inter-and Transdisciplinarity	0.3
Cai e Boyd	Effect of a traditional Chinese medicine course for undergraduate nursing students: A pre-/ post-test study	2018	Nurse Education Today	3.9
Lowe e Wimbish-Cirilo	The Use of Talking Circles to Describe a Native American Transcultural Caring Immersion Experience	2016	Journal of Holistic Nursing	2.0
Khorasgani e Moghtadaie	Investigating knowledge and attitude of nursing students towards Iranian traditional medicine-case study: universities of Tehran in 2012-2013	2014	Global journal of health science	1.26
Herrera et al.	Intervención educativa en la carrera de Enfermería como estrategia curricular de Medicina Tradicional y Natural	2013	Revista Electrónica Dr. Zoilo E. Marinello Vidaurreta	Sem
Lowe e Nichols	Utilisation of a Native American nursing conceptual framework: Implications for practice and research	2013	The Australian Journal of Advanced Nursing	1.206
Chang, Lin e Tsai	Student nurses' knowledge, attitude, and behavior toward chinese medicine and related factors	2004	Journal of Nursing Research	2.7

Fonte: Elaboração própria (2023).

Observa-se que com exceção do trabalho de Chang, Lin e Tsai, todas as publicações ocorreram nos últimos 10 anos (2013-2022). Dentre os autores John Lowe aparece em duas publicações e Mabitja Moeta está à frente de uma publicação e também em colaboração com Ngunyulu *et al.* Em relação aos periódicos o Nurse Education Today possui o fator de

impacto mais elevado de 3.9, em segundo lugar o Journal of Nursing Research apresenta fator de impacto 2.7. A Revista Electrónica Dr. Zoilo E. Marinello Vidaurreta não apresenta tais métricas. A seguir são apresentados os resultados e discussão desse estudo com base no portfólio gerado.

### 3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Na fase 2 do método SSF, que corresponde a Atividade 6 segundo Ferenhof e Fernandes (2016), são realizadas algumas combinações de dados como o ano em que houve mais publicações e autores mais citados, bem como sua interpretação e o levantamento das lacunas do conhecimento. Durante a leitura de títulos, resumos e palavras-chave foi observado que um grande volume de trabalhos era voltado a Medicina Tradicional Chinesa, porém sem tratar da enfermagem ou formação inicial de enfermeiros. E posteriormente, na leitura dos textos na íntegra, a grande maioria dos artigos que relacionavam a Medicina Tradicional com a enfermagem, abordavam profissionais já formados e atuantes no mercado trabalho, sem tratar a formação universitária em si.

A seguir, o quadro 4 apresenta o número de citações de cada artigo. Observa-se que há um baixo número de citações dos trabalhos selecionados na revisão, e isso pode estar relacionado com o próprio de volume de pesquisas na temática.

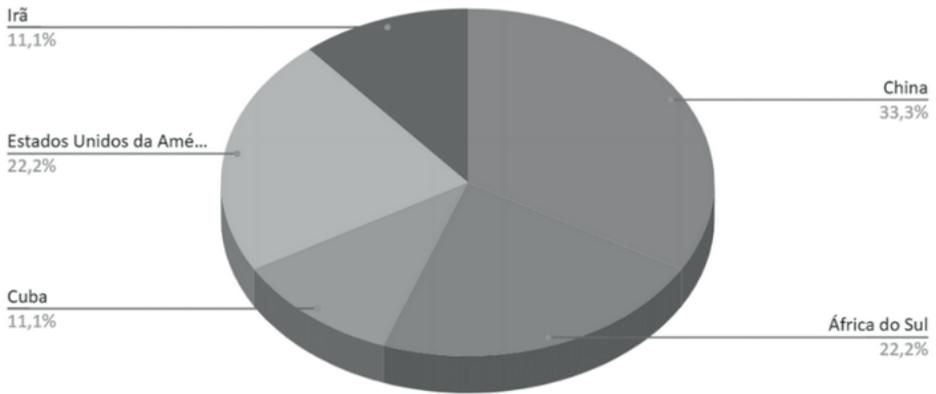
Quadro 4 – Número de citações dos artigos incluídos na revisão

Ano de Publicação	Autores	Citação
2016	Lowe e Wimbish-Cirilo	13
2004	Chang, Lin e Tsai	8
2020	Ngunyulu et al.	7
2013	Lowe e Nichols	5
2019	Moeta et al.	5
2022	Zhou, LV e Zhao	4
2014	Khorasgani e Moghtadaie	3
2018	Cai e Boyd	2
2013	Herrera et al.	1

Fonte: Elaboração própria (2023)

Na Fase 3 (Atividade 7) do método SSF foram criadas ilustrações e gráficos buscando sintetizar as informações, gerando novos panoramas sobre os dados coletados e apresentando outras informações coletadas. No gráfico 1 apresenta-se os locais (países) onde foram desenvolvidas as pesquisas selecionadas na revisão.

Gráfico 1 – Número de artigos selecionados na pesquisa de acordo com o local de desenvolvimento.

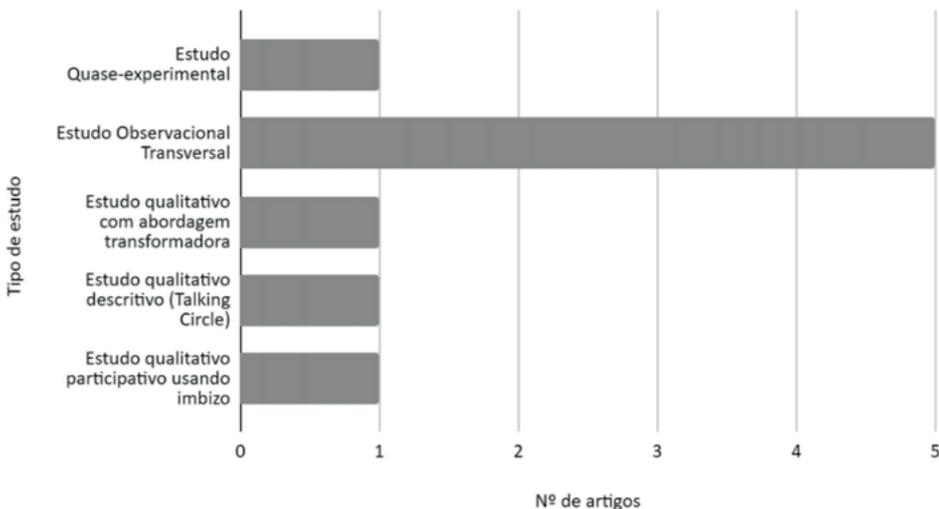


Fonte: Elaboração própria (2023)

Destaca-se que não foram encontrados nesta revisão trabalhos na temática Medicina tradicional na formação inicial de enfermeiros desenvolvidos no Brasil. Esse panorama já foi observado, inclusive, durante leitura de títulos, resumos e palavras-chave. Dos artigos selecionados, três tiveram suas pesquisas desenvolvidas na China, dois nos Estados Unidos da América, dois na África do Sul e apenas um artigo em Cuba e um no Irã.

Em relação ao tipo de estudo foi considerado a forma como cada pesquisa estava classificada pelos autores. No gráfico 2 ilustra os tipos identificados na análise.

Gráfico 2 – Tipos de estudos usados nas pesquisas.



Fonte: Elaboração própria (2023)

Em cinco artigos foram aplicados o estudo observacional transversal<sup>1</sup>. Destaca-se que uma pesquisa foi desenvolvida a partir da abordagem *Talking Circle*, uma espécie de roda de conversa, e outro estudo usou uma abordagem denominada *imbizo*, que os autores do artigo definem como um fórum de discussão.

Na fase 4 do método SSF (Atividade 8) deu-se início a escrita. Nela é apresentado o que a comunidade científica tem discutido acerca da Medicina Tradicional na formação inicial de enfermeiros. É importante destacar que os artigos selecionados tratam especificamente de estudos realizados sobre Medicina Tradicional Chinesa (MTC), Conhecimento Tradicional Indígena Africano (ATIK), Medicina Natural Tradicional (MNT) de Cuba, Medicina Tradicional Iraniana e o Cuidado de Enfermagem Transcultural com povos nativo americanos.

Ademais, os nove artigos selecionados apontam a importância da medicina tradicional (nas mais diferentes denominações e origens) estarem incluídas na formação dos profissionais de enfermagem. Sobretudo, porque esse tipo de saber já se faz presente cotidianamente na vida das pessoas e já é legitimado pelos seus usuários, além disso pelo fato de os próprios estudantes já conhecerem e fazerem uso desses saberes e práticas tradicionais, o entendimento sobre usos e aplicabilidades se torna menos dispendioso.

No estudo de Cai e Boyd (2018), foi realizado um curso sobre Medicina Tradicional Chinesa (MTC) para os estudantes de enfermagem, com aplicação de pré e pós teste, em oposição à estrutura biomédica na qual eles geralmente são educados. Através deste curso, os alunos aprenderam como aplicar esta perspectiva da MTC no atendimento ao paciente. Os resultados deste estudo mostraram um efeito positivo do curso de MTC. O conhecimento de MTC dos alunos foi aprimorado em apenas um semestre.

Para os autores, o fato da medicina tradicional chinesa está integrada à cultura chinesa, bem como o estilo de vida dos pais e as ações da mídia na divulgação desse saber, fazem com que os estudantes de enfermagem já tenham algum tipo de conhecimento teórico sobre o assunto. Isso contribuiu para que o curso ofertado pelos pesquisadores, em apenas um semestre, melhorasse o nível de conhecimento dos estudantes. Na China existem cursos de MTC para médicos e o que dificulta a formação dos enfermeiros na temática, é o fato desses cursos serem adaptações dos cursos médicos, sem trazer especificamente o cuidado de enfermagem.

Ngunyulu *et al.* (2020) apontam um caminho semelhante ao afirmar que a maior parte do conhecimento tradicional indígena africano se desenvolve sem apoio científico. E, a formação inicial dos enfermeiros até aborda a diversidade cultural e a medicina complementar alternativa, contudo ignora a ATIK. Portanto, se desenvolve um currículo monolítico que

---

1. Estudos observacionais transversais analisam dados de uma população em um único momento. São frequentemente utilizados para medir a prevalência de resultados de saúde, compreender os determinantes da saúde e descrever as características de uma população (Wang e Cheng, 2020).

ensina aos acadêmicos de enfermagem que apenas a medicina moderna é a única fonte legítima de cura. Na África o pluralismo nos cuidados de saúde ainda enfrenta outros desafios como as disputas de poder políticas que afetam as universidades e a rejeição dos comitês de ética em pesquisa na autorização de pesquisas relacionadas a ATIK. Os autores reforçam que a coexistência da medicina tradicional e a medicina moderna é possível e citam como exemplo a MTC.

As oficinas de diálogo comunitário promovidas por Ngunyulu *et al.* (2020), indicaram que o currículo de enfermagem existente os colonizou porque ainda segue o modelo ocidental de formação. Indicaram que o currículo deveria ser descolonizado através da incorporação de componentes do ATIK. Os participantes do estudo reiteraram que, embora haja suspeitas entre os titulares do ATIK e os profissionais de saúde modernos, ambos os modos de prática devem ter espaço para que os enfermeiros possam prestar cuidados de enfermagem holísticos. Muitos países, a nível mundial e na África, demonstraram que essa coexistência é possível.

Do mesmo modo, Moeta *et al.* (2019) afirmam que os diferentes saberes em saúde atendem a um mesmo propósito, que é a cura. Assim, para que haja a coexistência entre eles deve haver uma relação respeitosa e harmoniosa entre o contexto e o currículo. Além disso, a falta de reconhecimento formal dos saberes e práticas tradicionais em saúde implicam em barreiras para essa coexistência.

No estudo de Moeta *et al.* (2019) os painelistas tiveram que responder a seguinte questão: “Como podem os conhecimentos e práticas tradicionais africanas de saúde serem integrados nos currículos de ciências da saúde no ensino superior?”. Os dados do imbrizo revelaram três questões: a natureza da transformação como começando de dentro, a existência de barreiras à coexistência dos sistemas de saúde africanos e biomédicos e estratégias para facilitar a integração.

Algumas destas barreiras identificadas baseiam-se em mitos e percepções sobre os conhecimentos e práticas tradicionais africanas de saúde. Diante disso, os autores recomendam a inclusão da cura tradicional no sistema principal de cuidados de saúde primários. Além disso, para respeitar e reconhecer a coexistência na formação dos profissionais de saúde, deve haver uma relação harmoniosa entre o contexto e o conteúdo do currículo.

Mesmo os autores dos dois estudos africanos tratarem a implementação da MTC em parceria com a medicina moderna na China um exemplo de sucesso, Chang *et al.* (2004) constataram em seu estudo que o conhecimento dos estudantes de enfermagem sobre medicina chinesa ainda era insuficiente, e isso se deve ao fato das escolas de enfermagem não adicionarem currículos de MTC na formação dos enfermeiros. Os autores reforçam, também, a importância de pesquisas empíricas sobre a medicina tradicional para aumentar a confiança dos enfermeiros e dos usuários nos tratamentos de MTC.

Em relação a inclusão da MTC na formação inicial de enfermeiros, Zhou, LV e Zhao (2022), avaliaram a atitude, o conhecimento e a habilidade de estudantes do curso de Bacharelado em Enfermagem Tradicional Chinesa, que é oferecido em paralelo à enfermagem ocidental. Os autores observaram que as deficiências na implementação de evidências e a diminuição das atitudes práticas baseadas em evidências entre os alunos do quarto ano merecem atenção. Os cursos de enfermagem baseados em evidências poderiam ser otimizados e as atividades de pesquisa enriquecidas para melhorar a competência prática baseada em evidências. Os resultados também mostraram que os itens com menores pontuações estavam relacionados à etapa de implementação das evidências, diante disso os autores sugerem a disponibilidade de cursos de formação em Medicina Tradicional Chinesa, sobretudo, para alunos que estão no início do curso de enfermagem.

Lowe e Nichols (2013) apresentam uma estrutura conceitual de enfermagem em cultura nativo americana de base transcultural. No estudo os grupos focais tiveram que responder a seguinte questão: “Qual é a utilidade da estrutura conceitual de enfermagem dos nativos americanos para orientar a prática e a pesquisa de enfermagem?”. Com base nisso, os autores constataram que a estrutura conceitual fornece uma base transcultural que pode ser utilizado por todas as enfermeiras, incluindo enfermeiras nativas americanas e enfermeiras não-nativas americanas, essa estrutura também é útil para orientar pesquisas em enfermagem, bem como para produzir recursos culturais apropriados para o cuidado de enfermagem. Existem muitos desafios únicos na prestação de cuidados de saúde e na realização de pesquisas entre comunidades nativas americanas. É imperativo que a prestação de cuidados de saúde e a investigação sejam feitas de uma forma que seja culturalmente apropriada às necessidades da comunidade nativa americana.

Já Lowe e Wimbish-Cirilo (2016) apresentam uma experiência da Universidade Atlântica da Flórida, Christine E. que possui em seu currículo de bacharelado em enfermagem uma experiência de imersão transcultural de cuidado em uma comunidade tribal dos Estados Unidos. Como resultado, os estudantes de enfermagem descreveram a experiência como uma oportunidade de aprender sobre os outros, ensiná-los, crescer com eles, estar com eles e aprender sobre si mesmos de uma forma que nunca experimentaram. Muitos dos estudantes de enfermagem notaram que saíram da experiência com a capacidade e coragem para aplicar o que aprenderam nas suas situações de prática de enfermagem com pacientes no ambiente. Essa oportunidade de integrar a base teórica transcultural ao ambiente comunitário nativo americano foi muito bem recebida pelos participantes do estudo, reforçando a importância de o cuidado de enfermagem ser holístico, algo já enfatizado também por outros autores como Moeta *et al.* (2019) e Ngunyulu *et al.* (2020).

Tratando-se da medicina tradicional iraniana, Khorasgani e Moghtadaie (2014) enfatizam a falta de especialista com titulação acadêmica, a falta de evidências científicas e a falta de formação dos profissionais como principais barreiras para o uso da medicina

tradicional. Os estudantes de enfermagem tiveram conhecimentos insuficientes sobre medicina tradicional iraniana, e o pouco conhecimento que estes possuíam eram devido a transmissão intergeracional familiar. Outras barreiras identificadas no estudo estavam relacionadas a falta de evidências para a utilização deste medicamento, a falta de cobertura de seguro e a falta de formação do pessoal. Considerando a falta de presença dos participantes em cursos de formação em medicina tradicional, parece que incluir cursos de medicina tradicional e medicina complementar no currículo dos alunos os ajuda a melhorar o processo de tratamento dos seus pacientes.

Herrera *et al.* (2013), avaliaram os currículos dos cursos de graduação em enfermagem de Cuba. Dos 20 programas analisados quatro não incluíam a MNT no desenho curricular. Além disso, não foi possível avaliar nos 16 programas que incluem a MNT as orientações metodológicas utilizadas na formação inicial dos enfermeiros cubanos, assim como o tempo dedicado a essa formação se mostrou insuficiente. A fim de contemplar a MNT no currículo, bem como atender as exigências do Ministério da Educação Cubano, o estudo propõe que seja integrado no currículo da graduação em enfermagem a disponibilização de tempo eletivo de 30 horas em MNT para aplicação na atenção primária e secundária. Em relação a pós-graduação o estudo propõe um curso de 720 horas em MNT, visto que o principal problema identificado nos currículos se refere à o tempo insuficiente destinado a temática.

Do mesmo modo, Moeta *et al.* (2019) também apontam o sistema primário de saúde como caminho possível para a implementação da medicina tradicional nos serviços de saúde. Outra recomendação é o desenvolvimento de estratégias educacionais centradas no aluno, que o permitam explorar as semelhanças e diferenças entre a medicina tradicional e os conceitos científicos ocidentais.

Os artigos incluídos nessa revisão sistemática da literatura reforçam a importância da coexistência entre a medicina tradicional e a medicina moderna na formação inicial de enfermeiros, a fim de garantir um cuidado de enfermagem holístico, culturalmente sensível e que verdadeiramente atenda às necessidades de saúde das diferentes populações. Além disso, eles reforçam que profissionais que abordam essa temática em sua formação estão melhores preparados.

No entanto, a formação inicial de enfermeiros ainda não atende essa necessidade, segundo Feijó (2018). Ao analisar a percepção de 85 enfermeiros portugueses sobre Terapias Não Convencionais (TNC), a autora constatou que 87% deles não possuíam nenhum conteúdo que abordasse as TNC na formação inicial, o que pode contribuir para o desconhecimento sobre essas terapias. A autora observou ainda que os enfermeiros incluídos em seu estudo têm interesse em saber mais sobre TNC, e recomenda que as escolas de enfermagem proporcionem formação que desenvolva competências em terapias não convencionais, visto que as práticas e a formação dos enfermeiros devem acompanhar as tendências da área da saúde, e a integração de novas terapêuticas.

Trazendo essa discussão para o Brasil, especificamente em relação a região norte do país, Castro *et al.* (2017, p. 6) afirmam que “os cursos ofertados na região norte deveriam construir suas bases pedagógicas implementadas por disciplinas e/ ou ações interdisciplinares, com habilidades e competências sobre a saúde de populações tradicionais.” No entanto, segundo os autores, não é o que acontece em 56,52% das instituições públicas e privadas que ofertam o curso de enfermagem na região. Analisando as ementas dos cursos eles observaram que o tema é desenvolvido de forma diluída, tendo inclusive uma carga horária insuficiente.

Para os autores é preocupante que Estados como Rondônia, Pará e Tocantins, primeiros em quantidades de cursos oferecidos, não tenham preocupação quanto à inserção plena da temática, seja de modo interdisciplinar ou não. E sugerem a necessidade do desenvolvimento de estudos que ampliem a discussão em patamares do plano de ensino das disciplinas, a fim de identificar como os cursos têm abordado tal tema para construção de competências e habilidades profissionais específicas (Castro *et al.* (2017).

#### 4. CONSIDERAÇÕES FINAIS

A inclusão da medicina tradicional na formação inicial de enfermeiros tem sua importância reconhecida nos artigos incluídos nesta revisão, visto que esse tipo de saber já faz parte do cotidiano das pessoas, que na maioria das vezes já possuem algum conhecimento básico sobre o assunto adquirido no seu próprio convívio familiar. A China é apresentada como um exemplo de sucesso no âmbito dessa inclusão, bem como os currículos do curso de enfermagem cubana também preveem que a medicina tradicional faça parte da formação de enfermeiros.

Ressalta-se que, de acordo com as estratégias de busca adotadas, não foram identificados estudos que abordem essa temática no Brasil. E, considerando que existem políticas públicas de saúde no país que reforçam a inserção da medicina tradicional no âmbito do sistema único de saúde, bem como estimulam o diálogo entre saber científico e saber popular, é fundamental que se discuta a formação dos profissionais de saúde, sobretudo do enfermeiro, no que tange ao uso da medicina tradicional.

#### REFERÊNCIAS

ALBUQUERQUE, S. A. et al. Currículos disciplinares na área de saúde: ensaio sobre saber e poder. *Interface*. 2009; 13(31): 261-272.

BRASIL. **Parecer nº 1.133 de 7 de outubro de 2001**. Dispõe as Diretrizes Curriculares para os cursos de graduação de Enfermagem, Farmácia, Medicina, Nutrição e Odontologia. Brasília: Ministério da Saúde/Educação; 2001.

BRASIL. Ministério da Saúde. **Política Nacional de Práticas Integrativas e Complementares no SUS** - PNPIC-SUS / Ministério da Saúde, Secretaria de Atenção à Saúde, Departamento de Atenção Básica. - Brasília: Ministério da Saúde, 2006a.

BRASIL. Ministério da Saúde. **Política nacional de plantas medicinais e fitoterápicos** / Ministério da Saúde, Secretaria de Ciência, Tecnologia e Insumos Estratégicos, Departamento de Assistência Farmacêutica. – Brasília: Ministério da Saúde, 2006b.

BRASIL. Ministério da Saúde. Gabinete do Ministro. **Portaria n. 2.761, de 19 de novembro de 2013**. Institui a Política Nacional de Educação Popular em Saúde no Âmbito do Sistema Único de Saúde (PNEPSSUS). Disponível em: <bvms.saúde.gov.br/bvs/saudelegis>.

CAI, Y.; BOYD, David L. Effect of a traditional Chinese medicine course for undergraduate nursing students: A pre-/post-test study. **Nurse Education Today**, v. 70, p. 87-93, 2018.

CASTRO, N. J. C. et al. Inclusão de disciplinas em graduação de enfermagem sobre populações tradicionais amazônicas. **Cogitare Enfermagem**, v. 22, n. 2, 2017.

CHANG, M. Y.; LIN, H. S.; TSAI, C. F. Student nurses' knowledge, attitude, and behavior toward chinese medicine and related factors. **Journal of Nursing research**, v. 12, n. 2, p. 103-118, 2004.

FEIJÓ, N. et al. Nurses' perception on non-conventional therapies. **Rev. Rol enferm**, p. 156-160, 2018.

FERENHOF, H. A.; FERNANDES, R. F. Desmistificando a revisão de literatura como base para redação científica: método SFF. **Revista ACB**, v. 21, n. 3, p. 14, 2016.

HADDAD, A. E. et al. Formação de profissionais de saúde no Brasil: uma análise no período de 1991 a 2008. **Rev. Saúde Pública**. 2010; 44(3): 389-393.

KHORASGANI, S. R.; MOGHADAIE, Leila. Investigating Knowledge and Attitude of Nursing Students Towards Iranian Traditional Medicine: Case Study: Universities of Tehran in 2012-2013. **Global journal of health science**, v. 6, n. 6, p. 168, 2014.

LOWE, J.; NICHOLS, L. A. Utilisation of a Native American nursing conceptual framework: implications for practice and research. **Australian Journal of Advanced Nursing**, The, v. 31, n. 2, p. 13-22, 2013.

LOWE, J.; WIMBISH-CIRILO, R. The use of talking circles to describe a Native American transcultural caring immersion experience. **Journal of Holistic Nursing**, v. 34, n. 3, p. 280-290, 2016.

MOETA, Mabitja et al. Integrating African traditional health knowledge and practices into health sciences curricula in higher education: An Imbizo approach. **International Journal of African Renaissance Studies-Multi-, Inter-and Transdisciplinarity**, v. 14, n. 1, p. 67-82, 2019.

MORAES, B. A.; COSTA, N. M. S. C. Compreendendo os currículos à luz dos norteadores da formação em saúde no Brasil. **Rev. Enferm. USP**, v. 50, n. esp., p. 009-016, 2016. Disponível em: [https://www.scielo.br/pdf/reeusp/v50nspe/pt\\_0080-6234-reeusp-50-esp-0009.pdf](https://www.scielo.br/pdf/reeusp/v50nspe/pt_0080-6234-reeusp-50-esp-0009.pdf)

MEDINA, E. U.; PAILAQUILÉN, R. M. B. Systematic Review and its Relationship with Evidence-Based Practice in Health. **Revista Latino-Americana de Enfermagem**, v. 18, n. 4, p. 824–831, ago. 2010.

NGUNYULU, Roinah N. et al. The perspectives of nursing students regarding the incorporation of African traditional indigenous knowledge in the curriculum. **Afr J Prm Health Care Fam Med**. 2020;12(1), a2171. <https://doi.org/10.4102/phcfm.v12i1.2171>

OJEDA HERRERA, R. et al. Intervención educativa en la carrera de Enfermería como estrategia curricular de Medicina Tradicional y Natural. **Rev Electron**, 2013.

PAGE, M.J., et al. The PRISMA 2020 statement: an updated guideline for reporting systematic reviews. **BMJ** 2021;372:n71. doi: 10.1136/bmj.n71

PONTES FILHO, A. A.; BENTES, R. S. **Medicina tradicional popular amazônica (MTPA): seus saberes e praticantes**. In: BENTES, Rosineide da Silva. Série Vidas: A Medicina Tradicional Popular Amazônica e temas afins. Curitiba: CRV, 2019.

SALVADOR HERNANDEZ, P. P. Los hueseros Escobar. Hibridación entre la medicina tradicional y la biomedicina en Cochabamba, Bolivia. *Nuevo Mundo Mundos Nuevos. Nouveaux mondes mondes nouveaux-Novo Mundo Mundos Novos-New world New worlds*, 2011.

WANG, Xiaofeng; CHENG, Zhenshun. Cross-sectional studies: strengths, weaknesses, and recommendations. *Chest*, v. 158, n. 1, p. S65-S71, 2020.

WHO. World Health Organization. (2002). **WHO traditional medicine strategy: 2002-2005**. World Health Organization. <https://www.who.int/publications/i/item/WHO-EDM-TRM-2002.1>

WHO. World Health Organization. (2013). **WHO traditional medicine strategy: 2014-2023**. World Health Organization. <https://apps.who.int/iris/handle/10665/92455>

WHO. World Health Organization. (2019). **WHO global report on traditional and complementary medicine 2019**. World Health Organization. <https://iris.who.int/handle/10665/312342>. Licença: CC BY-NC-SA 3.0 IGO.

ZHOU, F.; LV, Y.; ZHAO, J. Evidence based practice competence of future traditional Chinese medicine nurses: A cross-sectional online study. **Nurse Education Today**, v. 110, p. 105238, 2022.

# PERCURSO HISTÓRICO DA IMPLEMENTAÇÃO DO PROGRAMA BOSQUES PARA A MITIGAÇÃO DA MUDANÇA CLIMÁTICA DO PERU

*Data de aceite: 02/10/2024*

### **Lino Max Santa Tsamaren**

Universidade Federal do Oeste do Pará  
(UFOPA)  
Santarém-Pará

CV: <https://lattes.cnpq.br/9685750763474010>  
ORCID: <https://orcid.org/0009-0005-2730-0024>

### **Lauro Euclides Soares Barata**

Universidade Federal do Oeste do Pará  
(UFOPA)  
Santarém-Pará

CV: <http://lattes.cnpq.br/1609747051706094>  
ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-0909-769X>

### **Thiago Almeida Vieira**

Universidade Federal do Oeste do Pará  
(UFOPA)  
Santarém-Pará

CV: <http://lattes.cnpq.br/4121093782754551>  
ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-9926-2606>

uma contribuição à mitigação da mudança climática e ao desenvolvimento sustentável. O trabalho tem como objetivo apresentar o percurso histórico da implementação do programa, por meio de uma pesquisa bibliográfica e documental do programa. Verificou-se que existem dois momentos: o primeiro de 2011 a 2020 e a segunda fase de 2020 a 2030. Desde 2011 até 2023, o programa foi implementado em 325 comunidades. Em relação aos recursos financeiros, segundo os convênios entre o programa Bosques e as comunidades beneficiárias, até o ano de 2023, o programa transferiu um total aproximado de 29.145.448 milhões de dólares a favor das comunidades. A projeção de benefício é para 27.846 famílias e a conservação de 3.611.348,1 hectares. O programa, criado com o objetivo de contribuir para a mitigação climática, apresenta desafios na implementação dos recursos entre os estados, acompanhados de anos de atraso nas transferências econômicas e distribuição desigual per capita em relação à família per capita por Transferência Direta Condicionada e Família per capita em hectare conservada.

**PALAVRAS-CHAVE:** Desenvolvimento sustentável. Programa Bosques. Comunidades indígenas.

**RESUMO:** A implementação de políticas públicas de conservação florestal para o desenvolvimento sustentável tem sido uma estratégia para contribuir com a luta contra as mudanças climáticas no mundo. Nesse contexto, o Programa Bosques para a Mitigação das Mudanças Climáticas do Peru tem por objetivo conservar 54 milhões de hectares de florestas tropicais como

## HISTORICAL PATH OF THE IMPLEMENTATION OF THE FORESTS PROGRAM FOR THE MITIGATION OF CLIMATE CHANGE IN PERU

**ABSTRACT:** The implementation of forest conservation public policy for sustainable development has been a strategy to contribute to the fight against climate change worldwide. In this context, Peru's Forests for Climate Change Mitigation Public Policy aims to conserve 54 million hectares of tropical forests as a contribution to climate change mitigation and achieve sustainable development goals. This book chapter aims to present the historical journey of the public policies' implementation through bibliographic and documentary research. It was found that there are two moments: the first from 2011 to 2023 and the second from 2020 to 2030. From 2011 to 2023, it was implemented in 325 communities. Regarding financial resources, according to the periods of agreements between the Forest's public policies and the beneficiary's communities, until 2023, the program transferred a total of approximately 29,145,448 million dollars to the communities. The projected benefit is for 27,846 families and the conservation of 3,611,348.1 hectares. The program created to contribute to climate mitigation presents challenges in the implementation of resources among the states, accompanied by years of delay in economic transfers and unequal per capita distribution concerning family per capita by Conditional Direct Transfer and family per capita per hectare conserved.

**KEYWORDS:** Sustainable development. Forests Public Policies. Indigenous communities.

### 1. INTRODUÇÃO

As mudanças climáticas estão associadas às ações humanas que vêm afetando a natureza e a vida das pessoas devido ao aumento da emissão de gases de efeito estufa, prática de queimadas e aumento do desmatamento por meio da emissão de dióxido de carbono, além de outras ações antrópicas, afetando, com isso, as populações mais vulneráveis (NOBRE; SAMPAIO; SALAZAR, 2007; IPCC, 2022), como é o caso das populações indígenas, que, apesar de serem aqueles que cuidaram das florestas por muito tempo, conservando e usufruindo de maneira tradicional, são os mais prejudicados, mesmo que desempenhem um papel crucial na luta pela mudança da ação climática (ILO, 2017).

As estratégias para a mitigação das mudanças climáticas são temas debatidos nas esferas sociais, econômicas, ambientais e políticas em todo o mundo. Desde a década de 1980, as mudanças climáticas têm sido uma questão política em discussão. A fim de entender a que eventos essas situações estavam relacionadas, o Painel Intergovernamental sobre Mudanças Climáticas (IPCC, em inglês), em 1990, emitiu que o agravamento do efeito estufa estaria relacionado com as ações humanas, como indicam as ações globais frente a esse contexto mundial (BIATO, 2004).

Assim, em 1992, o Comitê Intergovernamental de Negociação para a Convenção-Quadro sobre Mudança do Clima adotou a Convenção-Quadro das Nações Unidas sobre Mudança do Clima (United Nations Framework Convention on Climate Change ou UNFCCC, em inglês) de Nova York, que tem como objetivo, segundo o Art. 2º, “a

estabilização das concentrações de gases de efeito estufa na atmosfera num nível que impeça uma interferência antrópica perigosa no sistema climático”. No mesmo artigo, é revelado que essa estabilização deverá ser “alcançada num prazo suficiente que permita aos ecossistemas adaptarem-se naturalmente à mudança do clima, que assegure que a produção de alimentos não seja ameaçada e que permita ao desenvolvimento econômico prosseguir de maneira sustentável” (UNFCCC, 1992).

Na convenção, em seu Art. 1º, inciso 02, refere-se a “uma mudança de clima que possa ser direta ou indiretamente atribuída à atividade humana, que altere a composição da atmosfera mundial e que se some àquela provocada pela variabilidade climática natural observada ao longo de períodos comparáveis”. É importante saber que a convenção foi assinada pelos chefes de 115 países no ECO-92, no Rio de Janeiro, quando já havia sido globalizada a preocupação com as mudanças climáticas. Na atualidade, há 198 países que ratificaram a convenção<sup>1</sup>. Desde 1995, os membros da Convenção-Quadro das Nações Unidas sobre a mudança climática, conhecidos como as partes, têm discutido na Conferência de Partes das Nações Unidas (COP) a situação das mudanças climáticas, chegando a acordos para ações relacionadas a essas mudanças climáticas em todo o mundo.

Para adiante, diversos governos nacionais, privados e sociais intensificaram ainda mais as ações em prol do clima com diferentes acordos internacionais, sendo os mais importantes: o Protocolo de Quioto da Convenção-Quadro das Nações Unidas sobre a mudança climática foi estabelecido em 1998, onde se ratifica que cada membro da convenção deve comprometer-se a medir, limitar e reduzir as emissões dos gases de efeito estufa, além de relatar regularmente sobre os avanços; o Acordo de Paris da Convenção-Quadro das Nações Unidas sobre Mudanças Climáticas (CQNUMC), estabelecido em 2015, visa reduzir, a longo prazo, a emissão de gases de efeito estufa e trabalhar em conjunto para mitigar e adapta-se às mudanças climáticas; e na Agenda 2030 para o Desenvolvimento Sustentável, com 17 objetivos aceitos pelos países membros das Nações Unidas (IPCC, 2022), o objetivo 13 está associado com a adoção de medidas para mitigar as mudanças climáticas.

Uma das estratégias para a mitigação climática é a conservação das florestas. Os mecanismos para incentivar essa conservação estão associados aos incentivos econômicos e às comunidades mais envolvidas com as florestas. Dentre elas, as florestas tropicais são as que mais contribuem – pelos serviços ecossistêmicos que oferecem (CANADELL; RAUPACH, 2008). Na Amazônia, concentra-se uma vasta área de florestas tropicais que corresponde a cerca de 70% das florestas tropicais do mundo. Por isso, são consideradas bens públicos globais e seu cuidado e conservação são de grande importância pelos diversos serviços ecossistêmicos que oferecem (BARRANTES; GLAVE, 2014).

---

1. WHAT is the United Nations Framework Convention on Climate Change?. UNFCCC, [s.d.]. Disponível em: <https://unfccc.int/process-and-meetings/what-is-the-united-nations-framework-convention-on-climate-change>. Acesso em: 24 abr. 2024.

O Peru atravessava um contexto social e ambiental difícil na Amazônia. Em junho de 2009, o país vivenciou um caos social, o chamado “*Baguazo*”, resultado da aprovação pelo executivo de uma série de decretos legislativos que incentivavam o aproveitamento privado dos recursos naturais, sem prévia consulta nos territórios indígenas. Resultando, com isso, em 33 mortes (CAVERO, 2011). Esse incidente incentivou ainda mais a busca pelo acercamento do Estado às comunidades indígenas, visando apaziguar as relações com esses povos (DA CONCEIÇÃO; BÖRNER; WUNDER, 2015). Do ponto de vista ambiental, o desmatamento na Amazônia pode ter consequências econômicas, sociais e ambientais para o Peru (DOUROJEANNI, 2022).

Nesse contexto, o presente trabalho tem como objetivo descrever o percurso histórico da implementação do Programa Bosques para a Mitigação da Mudança Climática (PNCBMCC) do Peru, a partir da revisão documental oficial do programa, desde o período de 2010 até 2023, assim como de diferentes pesquisas científicas associadas ao tema.

O trabalho divide-se em três seções: na primeira seção, apresenta-se o contexto da origem do PNCBMCC; na segunda, descrevem-se os perfis que as comunidades devem ter para conseguir acesso ao programa através das Transferências Diretas Condicionadas (TDC) ou das subvenções econômicas, como contribuição pela conservação dos bosques a partir de diferentes normativas e decretos aprovados pelo Ministério do Ambiente; na terceira, apresenta-se a implementação do TDC desde 2011 até 2023 por meio de um mapa das províncias com o número e quantidade das comunidades. Também nessa seção, apresentam-se os recursos monetários transferidos às comunidades pelos estados e a situação atual do convênio entre as comunidades e o programa em relação ao TDC, essa seção é construída com a informação disponível em link das comunidades com TDC<sup>2</sup>, bem como a informação disponibilizada pelo programa através de um e-mail, essas informações foram organizadas e cruzadas; por fim, são apresentadas as considerações finais.

## 2. DESENVOLVIMENTO

### 2.1 Origem do programa bosques para mitigação da mudança climática do Peru

O Peru é o segundo país com a maior área de florestas na América do Sul, com as florestas tropicais amazônicas representando 60% do seu território. Essas florestas desempenham um papel crucial na absorção de CO<sub>2</sub>, o que é extremamente benéfico para o mundo na luta contra as mudanças climáticas. Portanto, a conservação das florestas tropicais torna-se um dos principais objetivos para o desenvolvimento sustentável, dados os serviços ecossistêmicos que elas fornecem à humanidade (BARRANTES; GLAVE, 2014).

---

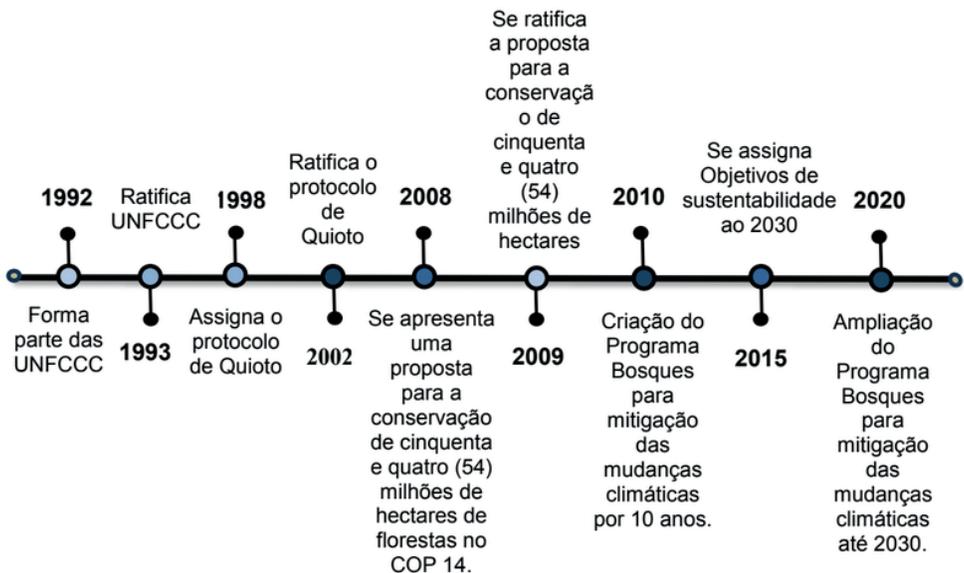
2. Registro de comunidades afiliadas al mecanismo TDC (informação atualizada ao 21 de março de 2024). Disponível em: <https://www.gob.pe/institucion/bosques/informes-publicaciones/3833560-registro-de-comunidades-afiliadas-al-mecanismo-tdc>. Acesso em: 21 mar. 2024.

Ações-chave ocorrem para mitigar as mudanças climáticas ao nível dos governos nacionais, e o Peru assume um papel importante nesse contexto, tendo assinado diversos acordos internacionais relacionados à causa. Desde 1992, o país faz parte da Convenção-Quadro das Nações Unidas sobre Mudança do Clima, ratificada oficialmente em 1993 (MINAM, 2016), e contribui ativamente para os objetivos da convenção.

Outro fato importante é a assinatura do Protocolo de Quioto em 1998 e sua ratificação em 2002 (Figura 1). Esse protocolo complementa a Convenção-Quadro das Nações Unidas sobre Mudança do Clima e estabelece metas para a redução da emissão de gases de efeito estufa (QUIOTO, 2024). O protocolo entrou em implementação em 16 de fevereiro de 2005, tendo os países desenvolvidos se comprometido a reduzir as emissões de gases de efeito estufa em 5% em relação a 1990. No entanto, países como a China, a Índia e os Estados Unidos, principais contribuidores do crescimento desse efeito, não assinaram inicialmente, o que pode estar relacionado ao custo-benefício da implementação dessa política para os países não signatários (VARGAS, 2009).

Na COP 14, realizada em 2008, o Peru apresentou uma proposta ambiciosa para a conservação de 54 milhões de hectares de florestas como sua contribuição nacional para os esforços globais de mitigação das mudanças climáticas. Essa proposta foi ratificada na COP 15, em 2009, e o país assumiu o compromisso de reduzir a taxa de desmatamento na Amazônia a zero até 2020.

Figura 1 - Marcos históricos de ações em prol das mudanças climáticas no Peru



Fonte: elaboração própria (2024).

Em 2010, com o objetivo de conservar 54 milhões de hectares de florestas e contribuir para a mitigação das mudanças climáticas no planeta, o governo peruano criou o Programa Nacional de Conservação de Bosques para Mitigação das Mudanças Climáticas. O programa, instituído pelo Decreto Supremo nº 008-2010-MINAM, em 14 de julho de 2010, teve duração de 10 anos, ou seja, indo até 2020. Em 2020, ao final do período do primeiro decreto e após avaliação do programa, o Ministério do Meio Ambiente, por meio do Decreto Supremo nº 003-2020-MINAM, prorrogou a duração do programa por mais 10 anos, até 2030 (MINAM, 2020).

Os objetivos do programa são conservar as florestas tropicais para mitigar as mudanças climáticas e promover o desenvolvimento sustentável do país (MINAM, 2010). O Art. 4º do Decreto estabelece que os beneficiários do programa são: comunidades indígenas, comunidades camponesas com títulos de propriedade e populações residentes nas florestas tropicais amazônicas e nas regiões secas do país<sup>3</sup>. Para incentivar a conservação das florestas nessas comunidades, o programa criou a estratégia de Transferências Diretas Condicionadas (TDC). As TDCs são subvenções econômicas concedidas pelo Estado às comunidades indígenas e camponesas que se comprometem a conservar as florestas em seus territórios (MINAM, 2011).

## 2.2 Processos para acessar as transferências condicionas de PNCBMCC

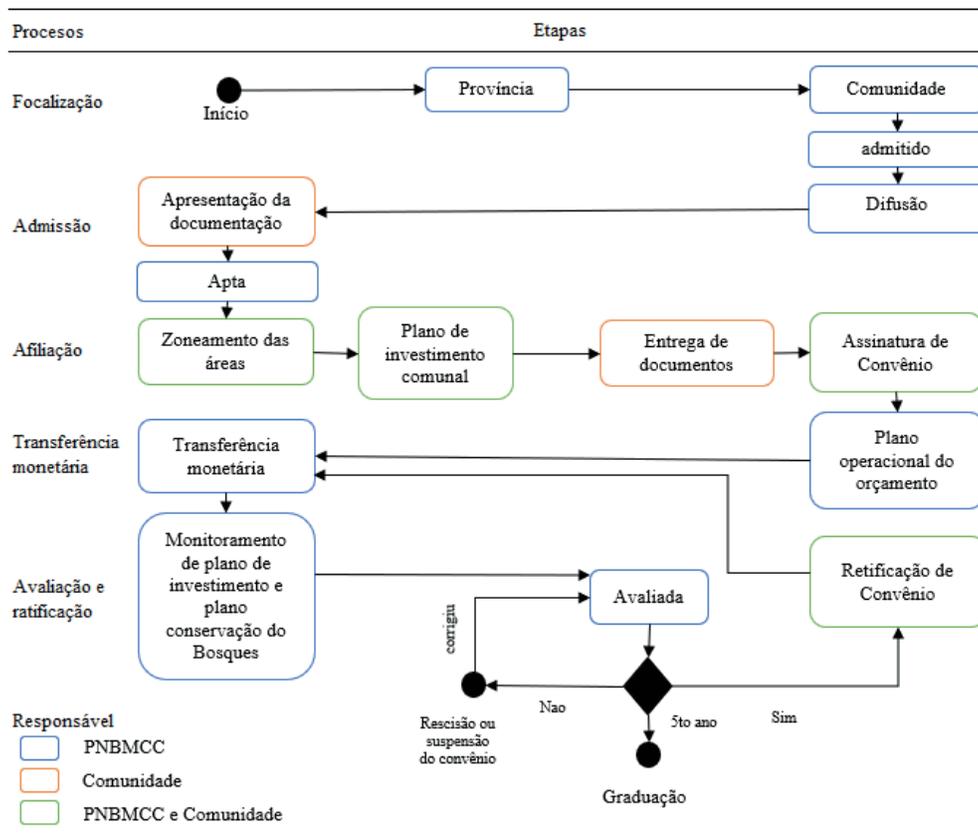
Desde 2011, o PNCBMCC criou diversas normas para implementar mecanismos de transferência de recursos financeiros às comunidades indígenas e camponesas. A primeira delas foi aprovada pela Resolução Ministerial nº 147-2011-MINAM: Manual de Procedimentos para a Implementação do Mecanismo de TDC de 2011. Segundo a normativa para implementar os mecanismos de TDC, as comunidades devem passar em seis fases, desde a focalização, admissão, afiliação, transferência monetária, avaliação e ratificação do convênio com o programa Bosques. O incentivo corresponde ao valor de \$ 2,7 dólares<sup>4</sup> (equivalente a s/10,00 sois, em moeda peruana) por hectare de floresta conservada em seus territórios (MINAM, 2011).

Assim, tal como se evidencia na Figura 2, o PNCBMCC primeiro focalizava a província a intervir, considerando o índice de priorização, construído sob três características, a superfície de bosques primários, taxa de desmatamento e taxa de incidência da pobreza. Uma vez feita a eleição da província, a etapa seguinte é a focalização da comunidade, que é através de índice de priorização, considerando os seguintes aspectos: a superfície de bosques primários, a porcentagem dos bosques primários conservados pela comunidade e as possibilidades de vias de acesso à comunidade (MINAM, 2011).

3. O governo do Peru através do Ministério da Agricultura (MINAGRI) é o responsável por fazer o cadastro e entregar o título da propriedade.

4. O cálculo do valor arredondado considera a taxa de câmbio do mês de dezembro de 2023. Tipo de câmbio - fim de período (S/ por US\$) - Interbancário – Promedio. Disponível em: <https://estadisticas.bcrp.gob.pe/estadisticas/series/mensuales/resultados/PN01216PM/html>. Acesso em: 26 abr. 2024.

Figura 2 - Processos e etapas para acessar a TDC Resolução Ministerial nº 147-2011-MINAM



Fonte: elaboração própria com base na Resolução Ministerial nº147-2011-MINAM.

Uma vez que a comunidade cumpre os aspectos de focalização, já que tem o interesse de participar em TDC, ela é considerada admitida pelo programa e passa no processo de admissão. Neste processo, o PNCBMCC, por meio de diferentes atividades, difunde os lineamentos para aceder ao TDC. Com essa informação, a comunidade, por meio de uma assembleia, deve decidir participar e devem assignar uma ata com os membros da comunidade. Feita essa etapa, a comunidade deve apresentar os documentos no escritório de PNBMCC mais próximo, como o título da propriedade da comunidade, ata de assembleia da comunidade de participação em TDC e os documentos dos membros da junta diretiva comunal eleitos em assembleia pelos membros, todos esses documentos devem ser legitimados.

O programa revisa os documentos apresentados pela comunidade e, caso seja considerada apta, passa ao processo de afiliação, pelo qual a comunidade, junto com a equipe do PNCBMCC, deve realizar o zoneamento da área a ser conservada. Além disso, a comunidade, com a participação dos atores comunitários e da equipe do PNCBMCC, deve

elaborar o plano de investimento, considerando a prioridade dos projetos sustentáveis. Este plano deve ser aprovado pelos membros da reunião.

Uma vez concluídas essas etapas, a comunidade deve apresentar os documentos, incluindo o mapa das áreas de conservação, o plano de investimento comunitário e a ata comunitária aprovada, que contém a constituição do comitê, o número da conta bancária e a autorização para a assinatura do convênio com o Programa Bosques por um período máximo de cinco anos.

Feito o convênio, o programa deve elaborar um plano de datas para a transferência das subvenções de TDR, considerando as datas do plano de investimento comunitário. Após essa ação, uma vez feita a transferência monetária, o programa avisa à junta diretiva sobre a transferência para o plano de investimento. Após a implementação do plano, o programa deve avaliar a comunidade através do monitoramento do plano de investimento comunitário e do plano de conservação de bosques comunais definidos no convênio (MINAM, 2011).

O convênio pode ficar suspenso de maneira temporária e excepcional por seis meses, o que afeta a implementação efetiva dos anos do convênio, devido à existência de desmatamento na área da comunidade beneficiária, ao uso inadequado dos recursos financeiros do TDC, à falta de declaração trimestral pela junta diretiva sobre a implementação do plano de investimento ao programa, à presença de atividades ilegais e ilícitas e à modificação dos membros da junta diretiva sem conhecimento do programa. O convênio pode ser rescindido pelo fato de o desmatamento ser atribuído diretamente à comunidade, pela contínua presença das atividades ilegais e ilícitas, pelo uso indevido do plano de investimento comunitário e pelo excesso do período de suspensão do convênio. Por fim, o convênio pode ser ratificado após um ano, ao observar que a comunidade alcançou uma série de condições que devem ocorrer simultaneamente, tais como a execução física e financeira de igual ou mais de 80% do plano de investimento comunitário, o cumprimento contínuo do compromisso de áreas a serem conservadas e uma administração eficiente dos recursos financeiros<sup>5</sup>. A comunidade é considerada como graduada ou concluída quando cumpre os cinco anos de convênio com o programa.

Em 2018, a norma para a implementação de TDC descrita foi derogada e substituída pela Resolución de Dirección Ejecutiva n° 035-2018- MINAM/VMDERN/PNCB<sup>6</sup>, aprovada em 19 de novembro, nessa norma se evidencia que a focalização não é pela província, mas pela identificação da comunidade e critérios para ratificação das comunidades. Segundo outra mudança, a elaboração do Plano de Gestão de Incentivo (PGI), e segundo esta normativa, os processos para a implementação são a focalização, afiliação, execução do

5. PERU. Resolución de Dirección Ejecutiva n° 17-2017 - MINAM/VMDERN/PNCB. **Governo do Peru**, 26 set. 2017. Disponível em: <https://www.gob.pe/institucion/bosques/normas-legales/3251158-017-2017-minam-vmdern-pncb>. Acesso em: 30 mar. 2024.

6. PERU. Resolución de Dirección Ejecutiva n° 035-2018-MINAM-VMDERN-PNCB. **Governo do Peru**, 19 nov. 2018. Disponível em: <https://www.gob.pe/institucion/bosques/normas-legales/3251013-035-2018-minam-vmdern-pncb>. Acesso em: 23 abr. 2024.

convênio e desfiliação, este último seja pelo cumprimento do período de convênio ou por não cumprir os condicionamentos.

Em 2020 foram aprovadas novas normas de implementação de mecanismos<sup>7</sup>, onde se consideram fases de implementação de TDC. A fase de início compreende os processos de focalização e afiliação, a fase de execução compõe os processos de implementação, seguimento, supervisão, avaliação, ratificação de convênio, com observação e rescindimento do convênio, e a fase três corresponde ao processo de fechamento de convênio, uma vez feito a avaliação dos compromissos assumidos pela comunidade.

Por fim, em 2023, pela *Resolución de Coordinación Ejecutiva* n° 47-2023- MINAM/VMDERN/PNCBMCC<sup>8</sup>, é modificada a subvenção econômica entregue às comunidades pelo programa até 3,2 dólares (equivalente a 12 sois em moeda peruana) a fim de que possam implementar o plano de implementação e o plano de gestão de incentivos.

### 2.3 A implementação dos TDC nas comunidades: 2011-2023

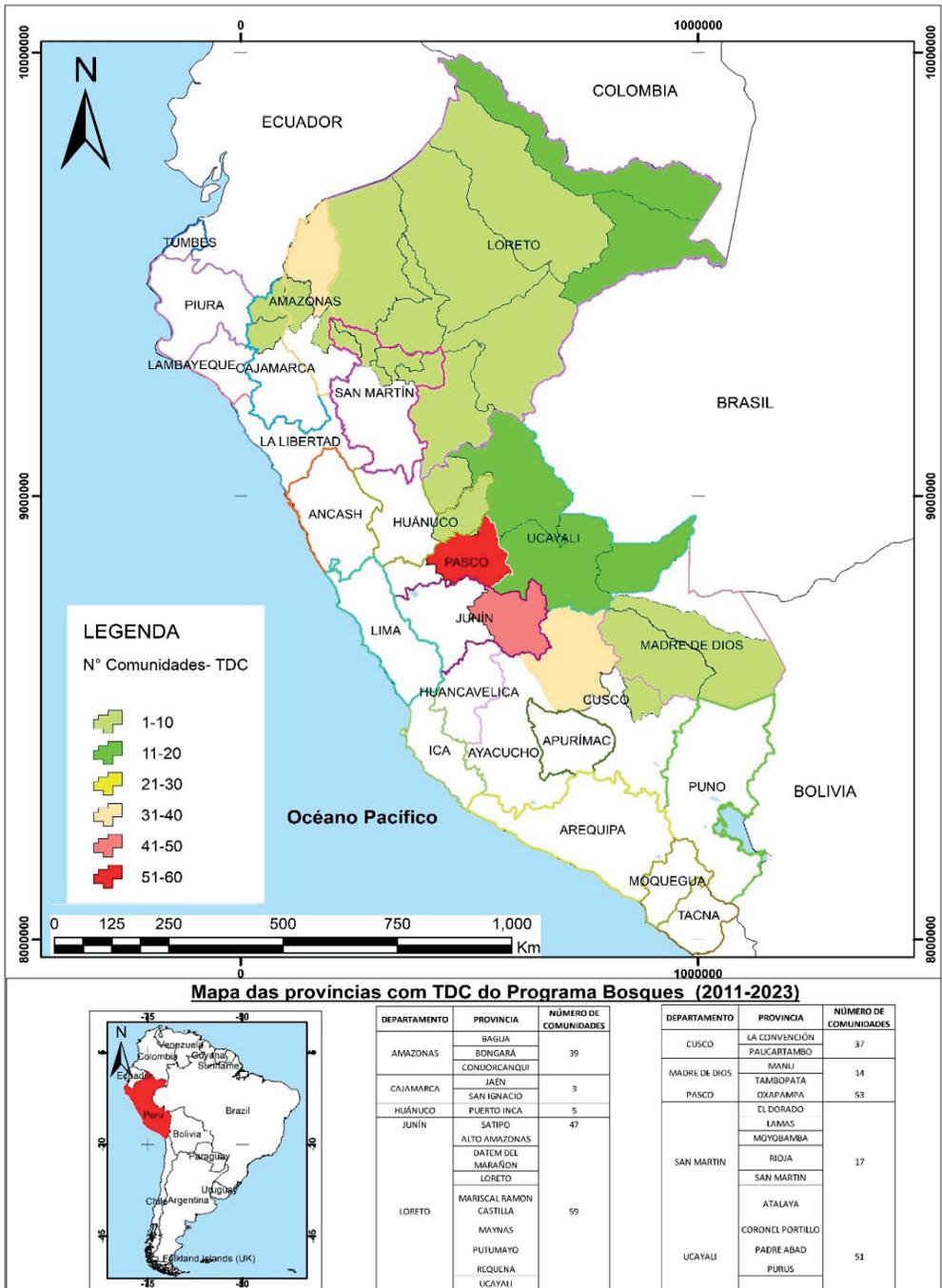
A TDC foi implementada no período de 2011 a 2023 em províncias de 10 dos 24 estados existentes: Amazonas, Cajamarca, Cusco, Huánuco, Junín, Loreto, Madre de Dios, Pasco, San Martín e Ucayali. No mapa se evidencia que a implementação do programa se concentra nas províncias amazônicas pelo fato que são as que concentram os bosques tropicais em suas áreas (Figura 3).

---

7. PERU. Resolución de Coordinación Ejecutiva N.º 027-2020. **Governo do Peru**, 23 nov. 2020. Disponível em: <https://www.gob.pe/institucion/bosques/normas-legales/3184689-027-2020>. Acesso em: 23 abr. 2024.

8. PERU. Resolución de Coordinación Ejecutiva N.º 47-2023- MINAM/VMDERN/PNCBMCC. **Governo do Peru**, 09 nov. 2023. Disponível em: <https://www.gob.pe/institucion/bosques/normas-legales/4848490-47-2023-minam-vmdern-pncbmcc>. Acesso em: 20 mar. 2024.

Figura 3 - Mapa de distribuição das comunidades por províncias com TDC (2011-2023)



Fonte: elaboração própria com base nos dados das comunidades com TDC (2024).

Em relação ao número das comunidades por departamentos, o estado de Loreto tem 59 comunidades beneficiadas pelo programa, distribuídas em suas províncias – oito províncias, seguido do estado do Pasco, que tem seis comunidades a menos que Loreto, mas tem a província com maior número que a Oxapampa. Outro dado importante se refere às províncias com a maior número de comunidades, além de Oxapampa, é a província de Satipo, no estado de Junín, com 47 comunidades, e Condorcanqui, com 33 comunidades no estado do Amazonas. As províncias com menores quantidades de comunidades beneficiadas são: Bongará, em Amazonas; San Ignacio, em Cajamarca; El Dorado, Rioja e San Martín, no estado de San Martín, todas essas províncias têm apenas 1 comunidade beneficiada.

Em relação ao incentivo econômico de TDC entregues às comunidades, na Tabela 1 a continuação apresentada evidencia que, no período de 2011 a 2023, o programa Bosques transferiu a favor das comunidades o valor de \$29.145,448 milhões de dólares. As distribuições mais altas foram nos anos de 2017, 2019, 2021, 2022 e 2023, que corresponde a 60,8% de TDC (valores acima de \$3 milhões de dólares). Em relação às comunidades dos estados transferidos, o estado do Amazonas, Ucayali e Junin foram os mais beneficiados, \$ 6.652,217, \$ 4.518,899, \$ 4.488,896 milhões de dólares respectivamente; entretanto, o estado menos beneficiado foi o de Cajamarca (Tabela 1).

Tabela 1 - TDC das comunidades por estado em dólares (2011-2023)

Ano	Estado										Total
	Amazonas	Cajam.	Cusco	Huánuco	Junín	Loreto	Madre de Dios	Pasco	San Martín	Ucayali	
2011			59,373		223,669			100,222			383,264
2012	524,014		100,270		354,093			182,840	5,108		1,166,325
2013	451,819		73,149		295,701			182,840	5,108		1,008,617
2014	656,181		100,219		380,918			242,162	87,581		1,467,061
2015	480,976		100,219		380,918	35,946	84,789	224,189	59,295	44,595	1,410,926
2016	481,354		40,846		221,761		0	174,068	76,770	65,930	1,060,728
2017	504,819		801,289	110,289	386,925	688,430	339,276	298,761	138,922	483,489	3,752,200
2018	902,692		109,689	40,541	416,099	81,308	330,851	332,007	28,959	242,731	2,484,877
2019	545,089		638,505	85,049	196,950	906,059	247,784	118,283	114,411	760,003	3,612,133
2020	387,043		181,589	42,808	334,131	146,138	499,689	193,417	75,873	569,286	2,429,974
2021	784,049		536,500	42,808	369,575	353,039	455,127	234,370	55,139	724,816	3,555,422
2022	488,562		597,829	42,808	364,818	543,616	315,171	231,924	40,877	809,838	3,435,443
2023	445,620	51,751	499,524	23,787	563,339	532,619	173,243	171,423	98,959	818,212	3,378,478
<b>Total</b>	<b>6,652,217</b>	<b>51,751</b>	<b>3,839,002</b>	<b>388,090</b>	<b>4,488,896</b>	<b>3,287,155</b>	<b>2,445,930</b>	<b>2,686,506</b>	<b>787,002</b>	<b>4,518,899</b>	<b>29,145,448</b>
Nº Fam.	6,759	2,042	3,531	318	4,606	2,468	714	2,381	1,431	3,596	27,846
TDC per capita	984	25	1,087	1,220	975	1,332	3,426	1,128	550	1,257	1,047
Total área	655,665	19,148	465,172	55,269	495,485	714,000	206,169	273,678	93,873	632,888	3,611,347
Área per capita	97	9	132	174	108	289	289	115	66	176	130

Nota: os valores financeiros que aparecem na tabela são arredondados ao número mais próximo.

Fonte: elaboração própria (2024).

Desde a implementação do programa até o ano de 2023, o PNCBMCC beneficiou aproximadamente 27.846 famílias para a conservação de 3.611.347 milhões de hectares (Tabela 2). Vale destacar que o valor não é acumulativo, mas sim o total a ser conservado no convênio. Destaca-se que o TDC per capita por família é mais alto no estado do Amazonas, correspondendo a \$ 3.426 dólares, enquanto cada família conserva 289 hectares. Porém, no estado do Loreto, o TDC *per capita* é 157% menor em relação ao estado de Madre de Dios, conservando a mesma quantidade de hectares.

Outro fato importante a destacar é o cumprimento das comunidades com o programa para receber as subvenções econômicas segundo o período de convênio. Nota-se que 168 comunidades atrasaram ao menos um ano a transferência de sua subvenção econômica (Tabela 2), o que representa mais da metade do total das comunidades beneficiárias do programa (51,69%).

Tabela 2 - Anos de convênio e número de anos atrasados de TDC por comunidade

Anos de convênio	Total de comunidades	Anos atrasados de TDC				Total atrasados
		Um ano	Dois anos	Três anos	Quatro anos	
Por um ano	104					
Por dois anos	39	14	05	02		21
Por três anos	27	07	11	05	02	25
Por quatro anos	24	11	08	01		20
Por cinco anos	131	62	37	02	01	102
Total	325	94	61	10	3	168

Fonte: elaboração própria (2024).

É importante considerar que, por ter sido um convênio de um ano e após assinado o convênio foram transferidos os recursos, não houve anos de atraso. No entanto, nas comunidades que assinaram um convênio por mais de um ano, o TDC retrasou, tal como o convênio das comunidades por cinco anos, em que apenas 29 cumpriram em receber os recursos durante o período do convênio de forma contínua, enquanto 102 comunidades atrasaram ao menos um ano (Tabela 2).

Em relação ao estado dos convênios das comunidades, desde o período estudado, evidencia-se que 101 comunidades foram rescindidas, isto é, há incorridos em algum causal de incumprimento das condições de convênio, o que representa 31,1% do total, enquanto 91 comunidades ainda estão ativas até a presente data, o que significa que ainda o convênio continua vigente, e 71 comunidades concluíram, o que significa que foram cumpridos os cinco anos com o programa Bosques (Tabela 3).

Tabela 3 - Situação de convênios de TDC das comunidades por estado

Estado	Número de comunidades	Situação de convênio por estado				
		Ativo	Com observação	Rescindido	Extinto	Concluído
Amazonas	39	11	3	8	8	9
Cajamarca	03	3	0	0	0	0
Cusco	37	12	3	12	2	8
Huánuco	05	1	1	1	2	0
Junín	47	18	1	5	4	19
Loreto	59	11	10	29	9	0
Madre de Dios	14	7	0	4	0	3
Pasco	53	13	1	13	4	22
San Martín	17	3	1	5	0	8
Ucayali	51	12	12	24	1	2
Total	325	91	32	101	30	71

Fonte: elaboração própria (2024).

Uma descrição ao nível dos estados evidencia que Loreto e Ucayali têm o maior número de comunidades com convênio rescindido, 29 e 24, respectivamente. Por outro lado, Junin tem mais comunidades ativas e Pasco tem mais concluídas.

### 3. CONSIDERAÇÕES FINAIS

O presente trabalho teve como objetivo analisar o processo histórico da implementação dos programas Bosques do Peru, com foco em sua relevância na mitigação das mudanças climáticas e conservação dos bosques tropicais. A pesquisa examinou a criação e o desenvolvimento do programa, as metas estabelecidas, as normas de implementação e os desafios enfrentados na transferência de recursos financeiros para as comunidades beneficiárias.

O estudo revelou que o Programa Bosques representa um marco importante na Política Ambiental do Peru, com o potencial de contribuir significativamente para a conservação florestal e a mitigação das mudanças climáticas. O programa estabeleceu metas ambiciosas para a conservação de 54 milhões de hectares de florestas, ampliando a vigência do programa até 2030 e definindo normas e procedimentos para a implementação de ações e a transferência de recursos financeiros para as comunidades.

No entanto, o levantamento de dados identificou um desafio crucial: a não transferência de subvenções para as comunidades em alguns anos, acompanhada de uma distribuição *per capita* diferenciada entre estados. Isso pode estar em função de o programa, em sua formulação, não ter considerado, possivelmente, os atores envolvidos, sobretudo

os membros das comunidades indígenas, sem uma planificação e metas concretas a favor dessas comunidades. Embora, essas falhas na entrega de recursos podem estar relacionadas ao não cumprimento de algumas das condições estabelecidas no convênio, essa situação compromete a implementação dos planos de investimento comunitário e o desenvolvimento das famílias envolvidas, podendo levar ao risco de rescisão dos convênios firmados, tal como aconteceu.

A efetividade do Programa Bosques depende da resolução desse impasse relacionado à distribuição de recursos. A garantia da transferência regular de subvenções para as comunidades é fundamental para o sucesso do programa e para a consecução das metas de conservação florestal. O cumprimento das condições estabelecidas pelas comunidades é essencial para a otimização dos recursos e a sustentabilidade do programa.

Estudos futuros podem aprofundar a análise das causas da não transferência de subvenções para as comunidades e identificar alternativas para solucionar esse problema. Pesquisas adicionais também podem ser direcionadas para avaliar o impacto do Programa Bosques nas condições socioeconômicas das comunidades beneficiárias e na efetividade das ações de conservação florestal.

O Programa Bosques representa, sem dúvida, uma iniciativa promissora para a conservação florestal e a mitigação das mudanças climáticas no Peru. A busca por soluções conjuntas entre o governo, as comunidades e outros atores é crucial para superar esse obstáculo e alcançar os objetivos a favor das comunidades.

## AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem a Fundação Amazônia de Amparo a Estudos e Pesquisas – FAPESPA – Termo de Outorga N.º 094/2023 pelo financiamento.

## REFERÊNCIAS

BARRANTES, Roxana; GLAVE, Manuel. **Amazonía peruana y desarrollo económico**. Lima: IEP, 2014.

BIATO, Márcia Fortuna. Convenção-quadro das nações unidas sobre mudança do clima. **Revista de Informação Legislativa**, Brasília, v. 42, p. 233-252, 2004.

CANADELL, Josep G.; RAUPACH, Michael R. Managing forests for climate change mitigation. **Science**, [S. l.], v. 320, n. 5882, p. 1456-1457, 2008. Disponível em: [https://www.globalcarbonproject.org/global/pdf/Canadell&Raupach2008\\_ManagingForests.Science.pdf](https://www.globalcarbonproject.org/global/pdf/Canadell&Raupach2008_ManagingForests.Science.pdf). Acesso em: 20 abr. 2024.

CAVERO, Omar. **Después del Baguazo**: informes, diálogo y debates. Peru: Pontificia Universidad Católica del Perú, 2011. Disponível em: <https://repositorio.pucp.edu.pe/index/handle/123456789/52663>. Acesso em: 26 abr. 2024.

DA CONCEIÇÃO, Hugo Rosa; BÖRNER, Jan; WUNDER, Sven. Why were upscaled incentive programs for forest conservation adopted? Comparing policy choices in Brazil, Ecuador, and Peru. **Ecosystem Services**, [S. l.], v. 16, p. 243-252, 2015. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.ecoser.2015.10.004>. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S2212041615300322?via%3Dihub>. Acesso em: 20 abr. 2024.

DOUROJEANNI, Marc J. ¿Es posible detener la deforestación en la Amazonía peruana?.

In: CASTRO, Augusto; MERINO-GÓMEZ, Maria Isabel (orgs.). **Desafíos y perspectivas de la situación ambiental en el Perú. En el marco de la conmemoración de los 200 años de vida republicana**. Lima: INTE-PUCP, 2022. p. 247-285.

PROTOCOLO de Quioto. **Ministério das Relações Exteriores da República Federativa do Brasil**, 1998. Disponível em: [http://mudancasclimaticas.cptec.inpe.br/~rmclima/pdfs/Protocolo\\_Quioto.pdf](http://mudancasclimaticas.cptec.inpe.br/~rmclima/pdfs/Protocolo_Quioto.pdf). Acesso em: 01 abr. 2024.

MINAM. **Decreto Supremo nº 008-2010-MINAM, de 15 de julho de 2010**. Cria o Programa Nacional de Conservação de Bosques para a Mitigação do Mudança Climática. Peru: Ministerio de Medio Ambiente, 2010. Disponível em: [https://www.minam.gob.pe/wp-content/uploads/2013/09/ds\\_008-2010-minam.pdf](https://www.minam.gob.pe/wp-content/uploads/2013/09/ds_008-2010-minam.pdf). Acesso em: 23 mar. 2024.

MINAM. **Decreto Supremo nº 003-2020-MINAM, de 05 de março de 2020**. Amplia a vigência do Programa Nacional de Conservação de Bosques para a Mitigação do Mudança Climática. Peru: Ministerio de Medio Ambiente, 2020. Disponível em: [https://www.minam.gob.pe/wp-content/uploads/2013/09/ds\\_008-2010-minam.pdf](https://www.minam.gob.pe/wp-content/uploads/2013/09/ds_008-2010-minam.pdf). Acesso em: 23 mar. 2024.

MINAM. **Resolución Ministerial nº 147-2011-MINAM, de 05 de julho de 2021**. Aprobar el Manual de procedimientos: Para la Implementación del Esquema de Transferencias Directas Condicionadas del Programa Nacional de Conservación de Bosques para la Mitigación del Cambio Climático. Peru: Ministerio de Medio Ambiente, 2021. Disponível em: <https://www.gob.pe/institucion/minam/normas-legales/316018-147-2011-minam>. Acesso em: 23 mar. 2024

MINAM. **Tercera Comunicación Nacional del Perú a la Convención Marco de las Naciones Unidas sobre el Cambio Climático**. 1ª ed. Peru: Ministerio de Medio Ambiente, 2016. Disponível em: <https://sinia.minam.gob.pe/sites/default/files/sinia/archivos/public/docs/tercera-comunicacion.pdf>. Acesso em: 20 mar. 2024.

NOBRE, Carlos A.; NOBRE, Antônio D. O balanço de carbono da Amazônia brasileira. **Estudos avançados**, [S. l.], v. 16, p. 81-90, 2002. DOI: <https://doi.org/10.1590/S0103-40142002000200006>. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/ea/a/79kPXdHnjgcRDm47CzcRLKq/?format=pdf&lang=pt>. Acesso: 11 abr. 2024.

VARGAS, Paola. **El cambio climático y sus efectos en el Perú**. Lima: Banco Central de Reserva del Perú, 2009. Disponível em: <https://www.bcrp.gob.pe/docs/Publicaciones/Documentos-de-Trabajo/2009/Documento-de-Trabajo-14-2009.pdf> Acesso em: 26 abr. 2024.

# ARQUITETURA AMAZÔNICA COMO PROJETO DE HABITAÇÕES POPULARES

*Data de aceite: 02/10/2024*

### **Manoel José Oliveira da Cruz**

Universidade Federal do Oeste do Pará  
(UFOPA)  
Santarém-Pará

CV: <http://lattes.cnpq.br/7335246202168021>  
ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-8402-9246>

### **Jarsen Luis Castro Guimarães**

Universidade Federal do Oeste do Pará  
(UFOPA)  
Santarém-Pará

CV: <http://lattes.cnpq.br/2403664119078137>  
ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-3102-3099>

**RESUMO:** O presente artigo visa expor a questão das moradias sociais na região amazônica, especificamente na cidade de Santarém Pará, abordando as estratégias que quase nunca são usadas nos projetos residenciais da população de baixa renda, sejam eles implementados pelo governo ou pelas autoconstruções sem conhecimento técnico. Para que o projeto residencial seja sustentável é necessário que se desenvolva um modelo que abranja estratégias de gestão e um sistema sustentável para a construção, prevendo uma redução de custos de implantação. Para tanto, em um projeto de moradia social, deve-se levar em consideração que a população ali

inserida possui diversas carências sociais básicas, bem como carências no entorno do seu espaço físico, tais como a falta de saneamento básico, água potável e energia elétrica. Portanto, devem-se empregar alguns requisitos sustentáveis, como a valorização da ventilação natural, da iluminação, o uso de materiais que causam menos impacto ambiental, acessibilidade, abastecimento e reaproveitamento de água e rede de esgoto. Levando em consideração a todos esses aspectos sociais e de normas técnicas para a construção, será desenvolvido, em planilha Excel, um levantamento orçamentário dos custos de uma residência popular com 02 quartos, sala, cozinha, banheiro e área de serviço. Para a confecção da planta baixa e o projeto arquitetônico, serão utilizados softwares como o “AutoCad” e o “Revit” para o desenvolvimento do projeto residencial. Considerando a urgência em promover qualidade de vida por meio da moradia, a presente pesquisa espera demonstrar que a arquitetura na Amazônia pode ser repensada, trazendo consigo uma possibilidade de construção de moradias populares com baixo custo, confortável, saudável e sustentável.

**PALAVRAS-CHAVES:** Moradias Sociais; Autoconstrução; Sustentabilidade; Normas técnicas.

## AMAZONIAN ARCHITECTURE AS A PROJECT FOR POPULAR HOUSING

**ABSTRACT:** This article aims to expose the issue of social housing in the Amazon region, specifically in the city of Santarém Pará, addressing the strategies that are almost never used in residential projects for the low-income population, whether implemented by the government or by self-builders without technical knowledge. For the residential project to be sustainable, it is necessary to develop a model that encompasses management strategies and a sustainable system for construction, providing for a reduction in implementation costs. Therefore, in a social housing project, it must be taken into account that the population there has several basic social needs, as well as needs in the surroundings of their physical space, such as the lack of basic sanitation, drinking water and electricity. Therefore some sustainable requirements must be adopted, such as valuing natural ventilation, lighting, the use of materials that cause less environmental impact, accessibility, supply and reuse of water and sewage networks. Taking into account all these social aspects and technical standards for construction, a budgetary survey of the costs of a popular residence with 2 bedrooms, room, kitchen, bathroom and service area will be developed in an Excel spreadsheet. To create the floor plan and architectural design, software such as AutoCad and Revit will be used to develop the residential project. Considering the urgency of promoting quality of life through housing, this research hopes to demonstrate that architecture in the Amazon can be rethought, bringing with it the possibility of building low-cost, comfortable, healthy and sustainable popular housing.

**KEYWORDS:** Social Housing; Self-construction; Sustainability; Technical standards.

### 1. INTRODUÇÃO

A construção civil e o mercado imobiliário são setores que estão em ascensão no Brasil, ainda assim, o País possui um grande problema de déficit habitacional, principalmente para a população de baixa renda. Dados apresentados pela Fundação João Pinheiro apontam que em 2019, o déficit habitacional do Brasil foi de 5,8 milhões de moradias, desses 79% são de família de baixa renda. O estudo realizado pela Fundação indicou também que 87,7% do déficit habitacional quantitativo estão localizadas em perímetros urbanos, isso engloba a falta de moradia, as precariedades habitacionais, mais moradores por metro quadrado e o alto custo dos aluguéis ou a coabitação familiar. É importante esclarecer que, quando se fala em déficit habitacional não significa dizer que são famílias desabrigadas, mas também, são pessoas que residem em abrigos improvisados, moradias precárias ou os que pagam aluguéis mais altos. É possível dizer que, segundo as pesquisas da Fundação João Pinheiro, as regiões Norte e Nordeste do País possuem domicílios inadequados para moradia.

Uma moradia engloba vários termos e conceitos, uma vez que, cabe ao Estado, por meio de políticas públicas, possuírem um plano de gestão e governo capaz de prover uma moradia segura e adequada para as famílias que vivem em área de ocupação ou de risco, famílias que vivem em situação de rua ou que perderam seu imóvel por algum desastre natural. Além do mais, a moradia dá ao cidadão mais dignidade e qualidade de vida.

Dentro desse contexto social é que a construção civil, com todo o seu dinamismo, vem buscando alternativas e soluções por meio de pesquisas, materiais e tecnologias meios de aumentar o desenvolvimento e mais qualidade no setor e juntamente com políticas públicas eficiente, que possam contribuir para a redução do déficit habitacional, bem como com o impacto ambiental causado pelo setor construtivo e de projetos mal planejados e executados.

O município de Santarém Pará está inserido no bioma amazônico, possui cerca de 308.309 habitantes, sendo 73,25% dos habitantes residem em área urbana e cerca de 26,75% nas áreas rurais ou de várzea. Assim como nas demais cidades do País, o município de Santarém enfrenta grandes problemas com a falta de saneamento urbano e problemas relacionados à moradia.

Quando se pensa em construção na região amazônica, deve-se levar em consideração as características da região, como o fator climático, as variações da temperatura, a posição dos ventos e o impacto ambiental. Na cidade de Santarém e arredores da região, percebe-se que partes das construções residenciais não estão em conformidade com o mínimo que é exigido pelas normas técnicas de habitação ou de acordo com o estabelecido no Código de Posturas e Obras do município, sejam as residências autoconstruídas ou as moradias sociais, que em sua grande maioria já possui um projeto padronizado que desconsidera as principais características da região e por sua vez, resultam em uma construção de baixa qualidade, onde há um aumento considerável no uso de energia elétrica pela falta de um projeto que faça um melhor uso dos recursos naturais.

Revisitar o conceito de uma arquitetura adaptada à região amazônica, especificamente em Santarém-PA, é essencial. Além de enfrentar os desafios das habitações sociais, essa abordagem permite o estudo de métodos eficazes que minimizem o impacto ambiental e promovam a sustentabilidade.

A construção civil tem um papel crucial na busca por soluções para os problemas do setor, especialmente no desenvolvimento de moradias sociais sustentáveis. Profissionais da área enfrentam desafios constantes, sobretudo nas pesquisas voltadas para técnicas construtivas que conciliem o uso racional dos recursos naturais, maior produtividade e menor tempo de execução. O incentivo ao uso de matérias-primas regionais e de elementos recicláveis se destaca como uma estratégia fundamental para reduzir custos e impactos ambientais, promovendo um modelo de habitação social que respeite o meio ambiente e seja economicamente viável.

## **2. METODOLOGIA**

A metodologia adotada neste trabalho baseia-se, inicialmente, em uma ampla revisão bibliográfica. O objetivo desse primeiro momento foi reunir e analisar de forma crítica e meticulosa os principais estudos, artigos, publicações, leis orgânicas e complementares pertinentes ao tema, a fim de estabelecer uma base teórica sólida e identificar lacunas existentes na literatura.

Inicialmente, a revisão da bibliografia foi conduzida em diferentes etapas. Foram definidos os critérios de seleção de fontes, incluindo palavras-chave relacionadas ao tema, como “sustentabilidade na construção civil”, “tecnologias digitais em arquitetura”, “habitações sociais na Amazônia” e “impacto ambiental de construções”. Após definir as palavras-chave, realizou-se a coleta de artigos, teses, dissertações, livros, relatórios técnicos publicados nos últimos 20 anos, leis municipais com foco em publicações revisadas por pares. Priorizou-se as fontes que abordam diretamente a relação entre inovação tecnológica, sustentabilidade e construção civil em regiões de vulnerabilidade social. A análise das fontes seguiu uma abordagem qualitativa, buscando identificar conceitos-chave, metodologias adotadas e resultados apresentados por diferentes autores. Foi realizada uma síntese comparativa entre os estudos, a fim de identificar convergências e divergências nas abordagens metodológicas e resultados. Com base na análise crítica, foi possível desenvolver uma base teórica que fundamenta as discussões subsequentes do trabalho. Além disso, a revisão permitiu identificar lacunas na literatura que serviram de direcionamento para o desenvolvimento da pesquisa empírica.

Desta forma, a abordagem metodológica proporcionou uma visão abrangente sobre o estado no campo de estudo, ao mesmo tempo em que orientou o direcionamento da investigação para áreas ainda pouco exploradas.

## 2.1 Área de Estudo

A área de estudo deste trabalho é o município de Santarém, localizado no estado do Pará, que está inserido no bioma Amazônico. Santarém enfrenta sérios desafios relacionados à infraestrutura urbana, especialmente no que se refere às moradias sociais. A precariedade dessas habitações é agravada pela pressão ambiental característica da região, onde a falta de planejamento adequado e o uso insustentável dos recursos naturais são questões recorrentes. Nesse contexto, torna-se imprescindível o desenvolvimento de soluções que não apenas atendam à demanda habitacional, mas também considerem as especificidades ambientais da Amazônia, promovendo práticas de construção que sejam sustentáveis e adaptadas às condições locais.

Associado a isto, verifica-se uma necessidade de uma casa própria na Região Amazônica diferente das outras partes do Brasil. Isto ocorre, entre outros, devido aos aspectos geográficos característicos do local, os quais possuem necessidade intrínseca de conservação da maneira que, para a execução de qualquer projeto, este deverá ter bases analíticas cuidadosamente fixadas na sustentabilidade.

Conforme Moraes (2009), a sustentabilidade busca o uso dos recursos consciente dos recursos naturais sem comprometer as gerações futuras. É a busca do equilíbrio entre desenvolvimento econômico e a preservação ambiental. Nesse sentido, podemos observar dois tipos de sustentabilidade: sustentabilidade fraca, quando existir flexibilidade em

relação ao uso do capital natural, ou seja, permite substituição do capital natural pelo capital produzido (capital artificial), com o auxílio do desenvolvimento tecnológico; sustentabilidade forte, quando existe um limite na substituição do capital natural pelo capital produzido.

Assim, pensando nas gerações futuras, o uso dos capitais natural e artificial deve ser de forma racional e eficiente, ou seja, o uso dos recursos naturais, sejam os estoques de recursos energéticos, dos estados biofísicos existentes no meio ambiente (condições climáticas, as características de ecossistemas, a capacidade de regeneração de sistemas naturais, entre outros), e do capital físico que foi gerado e acumulado pelo sistema econômico (máquinas, infraestrutura e outros) precisam levar em consideração o que se tem no momento e o que se pretende deixar para as futuras gerações.

De acordo com Sartori, Campos apud Neumayer (2014), a sustentabilidade fraca pode ser observada como extensão do bem estar econômico, ou seja, que o capital econômico produzido pelas gerações atuais poderá compensar as perdas de capital natural para as gerações futuras. Já a sustentabilidade forte trabalha com um paradigma da não substituição, ou seja, existem sistemas naturais que não podem ser corroídos ou destruídos. Se isso acontecer, os interesses das futuras gerações estarão comprometidos. Nesse sentido, é exigido que um subconjunto de capital natural total seja preservado em termos físicos de modo que suas funções permaneçam intactas.

Deste modo, buscando não só o uso racional, mas eficiente dos recursos naturais, de forma a promover um desenvolvimento sustentável, pretende-se mostrar que projetos arquitetônicos para habitações sociais, voltados à região de Santarém-PA, com baixo custo e uso racional dos recursos naturais, promovem desenvolvimento e sustentabilidade.

O conceito de crescimento econômico, desenvolvimento econômico e desenvolvimento sustentável tem sido objeto de debate entre autores. Neste trabalho partimos do princípio que crescimento econômico está relacionado ao crescimento de uma das variáveis econômicas, como emprego e renda. O desenvolvimento econômico abrange não só as questões econômicas, mas as questões sociais, culturais, políticas, entre outras. O desenvolvimento sustentável abrange o desenvolvimento econômico e a preocupação com o uso dos recursos naturais e o que vamos deixar para as gerações futuras.

Segundo Moraes (2009), a Comissão Mundial sobre Desenvolvimento e Meio Ambiente, por meio do Relatório de Brundtland, em 1987, definiu desenvolvimento sustentável como o *“desenvolvimento que atende às necessidades do presente sem comprometer a habilidade das futuras gerações satisfazerem suas necessidades”*. Nesse sentido, devemos nos preocupar com a melhor combinação de recursos naturais e recursos artificiais, ou seja, o que devemos escolher, sustentabilidade forte ou sustentabilidade fraca.

Sabe-se que ao longo prazo tanto os resíduos dos produtores quanto os resíduos dos consumidores serão despejados no meio ambiente, mas no curto e médio prazo devemos

ter a preocupação de usar da melhor maneira possível os recursos naturais, evitando seus desperdícios, reciclando-os e reaproveitando-os, de forma que o despejo dos resíduos seja o mínimo possível. É essa a ideia que vamos utilizar na construção civil, para a construção de casas sustentáveis, de baixo custo e que promovam bem estar e desenvolvimento.

A região, por deveras vezes, acaba por utilizar métodos construtivos inerentes à outra região do país, entretanto, ressalta-se que tanto elementos como (i) rosa dos ventos, (ii) orientação de iluminação, (iii) temperatura e (iv) umidade, dentre outros, são significativamente distintos; o que inviabiliza o melhor aproveitamento da construção em si, aumentando, inclusive, custos tanto da obra, quanto de sua própria manutenção. Tais exemplos podem ser vistos em programas como “Minha casa, minha vida” onde, apesar do louvável objetivo social do mesmo, verifica-se que as construções pouco utilizam elementos ambientais amazônicos para o melhor conforto térmico e acústico de seu usuário, assim como para a própria estrutura do imóvel, na qual se prima atualmente quase que exclusivamente por alvenaria estrutural. A consciência ecológica se faz de suma importância para que uma nova educação de visão macro de um sistema deva ser orientada por sua maneira de ser interna e suas necessidades de conservação para que a natureza trabalhe e siga seu próprio curso de transformação.

Os projetos arquitetônicos de habitações de interesse social na Amazônia apresentam uma série de desafios e problemáticas únicas devido às características ambientais, socioeconômicas e culturais da região. Dessa forma, a proposta arquitetônica será de um projeto residencial cujas características físicas atenderão a todas as normas do Código de Obras para aproveitamento de espaço, conforto térmico, acústico e luminístico, com a opção de uso de matérias de maior facilidade de aquisição no mercado, sendo a alvenaria e a madeira; os quais possuem um razoável coeficiente de isolamento térmico que será útil para uma temperatura interna agradável permitindo aos seus moradores residirem com maior conforto, menor custo e maior sustentabilidade.

Outro aspecto que devemos abordar é o da externalidade. Conforme O’Brien e Hubbard (2010), externalidade é uma ação que provoca benefícios ou custos para terceiros que não estão envolvidos diretamente na produção ou no consumo de bens ou serviços. Assim, quando se tem benefícios se diz que é uma externalidade positiva e quando se tem custos a externalidade será negativa.

Conforme Pires e Andrade (2005), a atividade da construção civil complementa a base produtiva da economia e gera externalidades positivas. Essas externalidades proporcionam aumento da produtividade dos fatores de produção, incrementando as participações privadas. Nesse sentido, a construção civil (e suas externalidades positivas) é de grande importância estratégica para a manutenção e promoção do desenvolvimento econômico e social.

Tavares (2007) ressalta que a construção civil, até início da década e 90, não se preocupava com as questões ambientais, sendo considerada uma das maiores fonte

geradora de resíduos da sociedade, principalmente por causa do intenso processo de urbanização do mundo moderno e a demanda por novas habitações. Nesse sentido, e externalidade negativa desenfreada proporcionada pela construção civil, praticamente só era combatida por meio de políticas públicas quando preocupadas com o dano ambiental. A racionalidade produtiva que ainda hoje não é uma constante, precisa se fazer parte no todo do “planejamento” da construção civil, de modo a promover o uso sustentável e eficiente dos recursos utilizados, proporcionando externalidades positivas na economia, principalmente com o processo de (re)aproveitamento e reciclagem dos recursos utilizados.

Uma moradia popular eficiente propõe-se a utilizar materiais que possuam valor economicamente atraente, porém que exerça um bom desempenho e que gere menos impacto ambiental possível. A elaboração de um projeto adequado para a região Amazônica necessita de uma execução que permita uma residência com acessibilidade, o uso máximo de ventilação natural, iluminação matinal que combata fungos e umidade e no geral, uma edificação com durabilidade considerável.

A pesquisa se propõe a elaboração de um projeto arquitetônico de uma residência social (usando programas de AutoCad de desenho arquitetônico) que faça a aplicação correta das normas técnicas para melhor aproveitamento dos elementos naturais como iluminação e ventilação. O Código de Obras do município, Lei nº 19.191 de 12 de dezembro de 2012 no Artigo 107 que diz “Os compartimentos e ambientes deverão ser posicionados na edificação e dimensionados de forma a proporcionar conforto ambiental, térmico, e acústico e proteção contra umidade, obtida pelo adequado dimensionamento e emprego dos materiais das paredes, coberturas, e aberturas, bem como das instalações e equipamentos”. Visto isso, o projeto primará pelo posicionamento inicial dos quartos (cômodos de permanência prolongados); que deverão deixar janelas para o Leste, de onde vêm os ventos predominantes e o nascente do Sol nas manhãs, visando a melhor utilização das características locais. Em seguida posicionar-se-á sala ou salas (também de permanência prolongada), com a mesma orientação de ventilação.

É possível dizer que as construções habitacionais na região amazônica ainda possuem características muito eruditas, trazendo consigo um peso histórico e características de construções dos primeiros povos. Por outro lado, verifica-se que devido as condições de renda da população da região amazônica, a autoconstrução é o meio mais viável de se conseguir realizar o desejo da casa própria. Devido a isso, a maioria das habitações autoconstruídas carece de conhecimentos necessários para a sua execução, apresentando poucas condições de habitação, deficiências construtivas e segurança, devido a área construída ser, muitas das vezes, área de ocupação de risco.

Esses processos de autoconstrução pecam, na maioria das vezes no “preliminar” que consiste no “pré-projeto”, onde se idealiza todos os acessos e formas para atender a uma construção funcional. Isso se deve ao fato de que a maioria das habitações

autoconstruídas são realizadas pela população mais carente que não tem acesso ou renda o suficiente para contratar profissionais aptos a elaborar projetos residenciais adequados. No entanto, é necessário haver políticas públicas ou a execução real de um projeto de lei que permita a população o acesso à assistência técnica e projetos de construção gratuitos. É importante esclarecer que embora os processos construtivos e arquitetônicos estejam em constante mudança, é possível construir e projetar moradias modernas que respeitem o meio ambiente e valorize a cultura e a tradição local.

A elaboração de projetos residenciais na Região Norte peca por falta de profissionais que os criem e executem. Isto se dá, por uma cultura do “baratear” o empreendimento cortando gastos e no recorrente erro de “todos podem construir sua moradia”. A execução de projetos residenciais sem técnica alguma produz algo que, ao longo do tempo, torna-se desconfortável por falta de arquitetura e engenharia que fariam a residência um local com acessibilidade, com o máximo de ventilação, com iluminação matinal para combater fungos e umidade acumulada e, no geral, uma edificação com durabilidade considerável.

Em face de inúmeras necessidades apresentadas, existe uma grande necessidade de atendimento das normas de desempenho nos processos construtivos. Este estudo traz a importância em rever a concepção da arquitetura de habitações sociais, voltada para a região amazônica, desenvolvendo um projeto arquitetônico de moradias populares que se adeque às temperaturas e clima da região, às normas técnicas construtivas, testes de desempenho das normas, planilha orçamentária sobre o custo de uma obra moradia social, respeitando as peculiaridades da região, seus interesses sociais e culturais, bem como priorizando o meio ambiente.

### **3. RESULTADOS ESPERADOS**

A moradia é um direito inerente da pessoa humana, cujo objetivo é trazer ao cidadão mais dignidade e qualidade de vida. É preciso entender as diferenças existentes nos tipos de construção. Uma habitação social, por exemplo, é diferente das demais construções, porque ela está sujeita a um determinado padrão e recurso financeiro dos seus moradores. As construções de moradia social, muito embora atinjam seu objetivo social, trazem consigo uma padronização de um projeto que na maioria das vezes, não é adaptável para o clima da região e ainda assim, apenas uma parte da população consegue o acesso a essas moradias. Diante disso, quando a população mais carente tem a oportunidade de realizar o sonho da casa própria, opta, segundo Fragozo (2016) pela autoconstrução que muitas das vezes, não fazem observância dos requisitos necessários para se construir, o que resulta em uma construção de baixa qualidade, sem conhecimento técnico para melhor aproveitamento de espaços e recursos naturais e com isso, aumentam o consumo de energia elétrica, não possuem um projeto hidro sanitário e os eflúvios residenciais são

despejados nas calçadas e vias, causando assim um impacto ao meio ambiente entre outros problemas sociais.

O objetivo deste projeto é demonstrar que a concepção de habitação social em Santarém-PA pode ser repensada, visando alternativas que ofereçam conforto e qualidade de vida, sem depender exclusivamente de materiais naturais locais, que muitas vezes têm um custo elevado, especialmente sem apoio governamental. O projeto buscará desenvolver habitações de baixo custo, que conciliem sustentabilidade, durabilidade, conforto térmico e adaptação arquitetônica para acessibilidade.

Espera-se que as casas projetadas proporcionem um ambiente mais saudável e confortável aos moradores, com foco em soluções que maximizem a eficiência energética e a adaptação climática. As residências serão planejadas para aproveitar ao máximo a iluminação natural e a ventilação cruzada, minimizando a necessidade de refrigeração artificial, especialmente durante o período de estiagem, quando as temperaturas são mais elevadas.

Adicionalmente, o projeto será desenvolvido de acordo com as diretrizes do Código de Obras do município (2012), garantindo que as soluções arquitetônicas propostas estejam em conformidade com as normas locais, ao mesmo tempo em que otimizam o uso dos recursos naturais da região. Dessa forma, busca-se oferecer moradias de qualidade, acessíveis economicamente e ecologicamente responsáveis, que atendam às necessidades da população local e contribuam para o desenvolvimento sustentável da região.

## REFÊNCIAS

ANDRADE, Fátima M.; TEIXEIRA, Luciene P. A construção civil como instrumento do desenvolvimento da economia brasileira. Revista Paranaense do Desenvolvimento, Minas Gerais, 2005.

BONDUKI, Nabil. Habitat: as práticas bem-sucedidas em habitação, meio ambiente e gestão urbana nas cidades brasileiras. São Paulo: Studio Nobel, 1996.

BRASIL. Constituição (1988). Constituição da República Federativa do Brasil. Brasília, DF: Senado Federal, 1988.

BRASIL. Santarém. Lei n. 19.191, de 12 de dezembro de 2012. Código de Obras. Câmara Municipal, 2012. 44 p.

BRASIL. Santarém. Lei n. 19.207, de dezembro de 2012. Código de Posturas. Câmara Municipal, 2012.

EDWARDS, Brian. O guia básico para a sustentabilidade. Londres: RIBA Enterprises, 2005.

FRAGOZO, Sandra D. O desempenho das construções no processo de autoconstrução de habitações populares. 2016. Dissertação (Mestrado em Engenharia Urbana) – Universidade Federal do Rio de Janeiro, Escola Politécnica, Programa Engenharia Urbana, Rio de Janeiro, 2016.

FUNDAÇÃO JOÃO PINHEIRO. Diretoria de Estatísticas e Informações. Metodologia do déficit habitacional e inadequação de moradias no Brasil: principais resultados para os períodos de 2016 a 2019. Belo Horizonte: FJP, 2021.

HARVEY, David. O novo imperialismo. São Paulo: Edições Loyola, 2004.

IBGE – INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. Censo Brasileiro de 2021. Rio de Janeiro: IBGE, 2021. Disponível em: <https://www.ibge.gov.br/cidades-e-estados/ce/cedro.html>. Acesso em: 08 jan. 2023.

LAKATOS, Eva Maria; MARCONI, Marina de Andrade. Fundamentos de Metodologia Científica. 7. ed. São Paulo: Atlas, 2010.

MORAES, Orozimbo José. Economia Ambiental: Instrumentos econômicos para o desenvolvimento sustentável. São Paulo: Centauro, 2009.

O'BRIEN, Anthony; HUBBARD, R. Glenn. Introdução à economia. 2. ed. Porto Alegre: Bookman, 2010.

SARTORI, Simone; LATRÔNICO, Fernanda; CAMPOS, Lucila M. S. Sustentabilidade e desenvolvimento sustentável: uma taxonomia no campo da literatura. Ambiente & Sociedade, São Paulo, v. XVII, n. 1, p. 1-22, jan./mar. 2014.

TAVARES, Denisia A. C. Gestão pública de resíduos sólidos da construção civil em Aracaju: um desafio ambiental. 2007. Dissertação (Mestrado em Desenvolvimento e Meio Ambiente) – Universidade Federal de Sergipe, Aracaju, 2007.

# PROPOSTA DE INDICADORES SOCIOAMBIENTAIS PARA A FLORESTA NACIONAL DO TAPAJÓS

*Data de aceite: 02/10/2024*

### **Martha Cecilia Vergel Verjel**

Universidade Federal do Oeste do Pará  
(UFOPA)  
Santarém-Pará

CV: <http://lattes.cnpq.br/8884859348033948>

ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-8747-7749>

### **Thiago Almeida Vieira**

Universidade Federal do Oeste do Pará  
(UFOPA)  
Santarém-Pará

CV: <http://lattes.cnpq.br/4121093782754551>

ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-9926-2606>

traçados no plano de manejo da área. Atualmente, a unidade de conservação carece de um sistema de indicadores necessários para medir a sustentabilidade, por isso o objetivo da pesquisa é a proposição de indicadores socioambientais que servirão como ferramenta necessária para identificar, mitigar ou potencializar os impactos na unidade de conservação. A pesquisa é documental e de abordagem qualitativa.

**PALAVRAS-CHAVE:** Indicadores; Áreas protegidas; Unidades de conservação; Indicadores socioambientais; Sistema de indicadores.

### PROPUESTA DE INDICADORES SOCIOAMBIENTALES PARA EL BOSQUE NACIONAL TAPAJÓS

**RESUMEN:** El Bosque Nacional Tapajós es una unidad de conservación cuya misión es proteger el patrimonio natural y promover el desarrollo sostenible, fomentando la interacción armoniosa entre el ser humano y la naturaleza. Para alcanzar este objetivo de sostenibilidad, el trabajo debe estar orientado hacia una gestión integrada del territorio, con el fin de aumentar los impactos positivos. Por ello, es fundamental utilizar herramientas que permitan un

**RESUMO:** A Floresta Nacional do Tapajós é uma unidade de conservação que tem como missão proteger o patrimônio natural e promover o desenvolvimento sustentável, incentivando a interação harmoniosa entre o ser humano e a natureza. Para atingir este objetivo de sustentabilidade, o trabalho deve ser orientado para uma gestão integrada do território, visando aumentar os impactos positivos, e, por isso, a utilização de ferramentas que permitam um diagnóstico do estado de cumprimento dos objetivos

diagnóstico del grado de cumplimiento de los objetivos trazados en el plan de manejo del área. Actualmente, la unidad de conservación carece de un sistema de indicadores necesarios para medir la sostenibilidad, por lo que el objetivo de la investigación es la propuesta de indicadores socioambientales que servirán como herramienta indispensable para identificar, mitigar o potenciar los impactos en la unidad de conservación. La investigación es de carácter documental y de enfoque cualitativo.

**PALABRAS CLAVE:** Indicadores; Áreas protegidas; Unidades de conservación; Indicadores socioambientales; Sistema de indicadores.

## PROPOSAL OF SOCIO-ENVIRONMENTAL INDICATORS FOR THE TAPAJÓS NATIONAL FOREST

**ABSTRACT:** The Tapajós National Forest is a conservation unit whose mission is to protect the natural heritage and promote sustainable development, encouraging a harmonious interaction between humans and nature. To achieve this sustainability goal, work must be oriented towards an integrated management of the territory, aiming to increase positive impacts. Therefore, the use of tools that allow a diagnosis of the compliance with the objectives outlined in the area's management plan is essential. Currently, the conservation unit lacks a system of indicators necessary to measure sustainability. Hence, the objective of the research is to propose socio-environmental indicators that will serve as a necessary tool to identify, mitigate, or enhance impacts on the conservation unit. The research is documentary in nature and follows a qualitative approach.

**KEYWORDS:** Indicators; Protected areas; Conservation units; Socio-environmental indicators; Indicator system.

### 1. INTRODUÇÃO

Diferentes países ao redor do mundo têm distintos objetivos de desenvolvimento, como econômicos, sociais, ambientais, culturais, políticos, etc; que orientam as atividades internas de cada país e assim ordenam o território. No campo ambiental existe um denominador comum que se baseia em garantir o bom uso dos recursos naturais no curto prazo e garantir a sua existência no longo prazo, estabelecendo assim diferentes atividades de conservação dentro de um território, de acordo com as prioridades, capacidades e necessidades e interesses de cada país.

Entre as decisões que são implementadas mundialmente para conservar as áreas naturais está a de priorizar os territórios estratégicos com grande riqueza de fauna e flora; portanto, de acordo com os níveis de intervenção, tipos de atividades e objetivos de conservação propostos, uma área natural protegida pode ser dividida em diferentes categorias definidas por cada nação. Em nível internacional, a organização International Union for Conservation of Nature (IUCN) classificou as áreas protegidas de acordo com a gestão, funções e objetivos em: Proteção rigorosa (Reserva Natural Estrita e Área Natural Selvagem), Conservação e Proteção de Ecossistemas (Parque Nacional), Conservação de

Características Naturais (Monumento Natural), Conservação através da Gestão Ativa (Área de Habitat/Gestão de Espécies), Conservação e Recreação da Paisagem e Paisagem Marítima (terras protegidas e marinha), uso sustentável dos recursos naturais (área protegida gerida) (VÁSQUEZ JORGE; ANDRADE GERMÁN, 2016).

Para garantir a conservação de cada área, é fundamental realizar atividades que possibilitem o monitoramento e a verificação do estado de saúde dos recursos naturais. Existem ferramentas que permitem acompanhar as ações realizadas no território, avaliando o impacto gerado por essas atividades. Nesse contexto, o uso de metodologias e indicadores é crucial para a coleta de dados relevantes, com base em atributos observáveis e mensuráveis. Esses dados facilitam a análise, o monitoramento e a avaliação, apoiando a tomada de decisões voltadas à conservação (ARAÚJO et al. 2022). Filetto et al. (2015) apontam, destacando que os indicadores são essenciais para a sociedade e para a tomada de decisões ao permitir a criação de cenários sobre o estado do meio ambiente e o monitoramento dos resultados sociais.

No caso da Floresta Nacional do Tapajós, esta não possui um sistema de indicadores, ferramenta importante para o alcance dos objetivos descritos no plano de manejo. Neste capítulo, objetivou-se levantar indicadores socioambientais que possam auxiliar na coleta e análise de dados em prol da avaliação da conservação em unidades de conservação, com ênfase à Floresta Nacional do Tapajós (FLONA Tapajós).

## 2. METODOLOGIA

A pesquisa é documental de abordagem qualitativa, e a área de estudo é a Floresta Nacional do Tapajós, Unidade de Conservação (UC) Federal localizada na Amazônia, instituída pelo Decreto nº 73.684, de 19 de fevereiro de 1974. A unidade de conservação abrange os municípios de Aveiro, Belterra, Placas e Rurópolis, no Oeste do Estado do Pará. O objetivo da UC é o uso múltiplo sustentável dos recursos florestais e a pesquisa científica, com ênfase em métodos para exploração sustentável de florestas nativas (Lei. 9.985/2000); sendo sua gestão realizada com base nas diretrizes do Plano de Manejo, tendo o Instituto Chico Mendes de Conservação da Biodiversidade - ICMBio como órgão gestor da Unidade (ICMBIO, 2019).

O objetivo desta pesquisa é estabelecer indicadores socioambientais para a FLONA Tapajós, com base na revisão de literatura de outras pesquisas em áreas naturais protegidas, levando em consideração as necessidades e características da FLONA Tapajós que estão descritos em seu último plano de manejo que é do ano de 2019. Adicionalmente às informações contidas no Plano de Manejo, recorreu-se a visitas de campo in loco. O procedimento de busca foi realizado da seguinte forma:

1) A busca pelo material bibliográfico considerou o período de 2001 a 2021, a partir do uso dos seguintes descritores: indicadores, áreas protegidas, unidades de conservação e agricultura. As buscas foram realizadas nos idiomas inglês, espanhol e português, nas bases ScienceDirect, Scopus, Google acadêmico. Foram utilizados os seguintes filtros:

Quadro 1 - Critérios de seleção publicações

Inclusão	Exclusão
Publicações que descrevem situações de implantação de culturas em áreas protegidas ou unidades de conservação	Publicações com poucos detalhes e descrição de situações, metodologias ou indicadores
Publicações sobre indicadores de sustentabilidade em áreas protegidas ou unidades de conservação	Publicações sobre indicadores cuja área de avaliação não seja área protegida ou unidade de conservação
Publicações no período 2001-2021	Publicações baseadas apenas na teoria geral do tópico

Fonte: Elaborado pelos Autores (2023)

2) A partir da busca, foram obtidas 70 publicações relacionadas às palavras-chave, e após a aplicação do filtros como critérios de seleção, permaneceram 33 publicações. Os resultados da pesquisa conforme cada idioma de publicação estão inseridos na Tabela 1.

Tabela 1 - Cobertura de idioma dos artigos seleccionados

<b>Inglês</b>	<b>3</b>
<b>Espanhol</b>	<b>13</b>
<b>Português</b>	<b>17</b>
<b>Total</b>	<b>33</b>

Fonte: Elaborado pelos Autores (2023)

3) Diante dos artigos seleccionados, foram extraídos indicadores socioambientais em áreas protegidas ou unidades de conservação trabalhadas por cada autor detalhado no Apêndice 1, a fim de definir um sistema de indicadores socioambientais que fosse dirigido à Floresta Nacional do Tapajós. Os indicadores foram seleccionados a partir de critérios de seleção a partir de uma lista de necessidades dos ecossistemas e comunidades em geral da FLONA Tapajós, detalhadas no plano de manejo de 2019. Os critérios e as necessidades são descritos abaixo, conforme ICMBio, (2019).

- a. Necessidades identificadas nos ecossistemas da FLONA Tapajós
  - ✓ Afetação por incêndios florestais, existem áreas sensíveis a incêndios.
  - ✓ Desmatamento das Áreas de Preservação Permanente.
  - ✓ Baixo desempenho de regeneração de áreas já manejadas sem técnicas sustentáveis

- ✓ Falta de diretrizes para retirar os produtos não-madeireiros na FLONA Tapajós.
- ✓ Abertura de roçado na beira de estrada.
- ✓ Plantações de soja no Entorno da UC.
- ✓ Ausência de assistência técnica e apoio do governo para produção.
- ✓ Presença de agrotóxicos.
- ✓ Desmatamento das margens de igarapé e presença de lixo.
- ✓ Poluição dos rios pelas embarcações, por pequenas Centrais hidrelétricas ou por Garimpo (mercúrio).
- ✓ Pressão sobre a fauna: caça de animais silvestres, pesca predatória no rio tapajós (geleiras e não indígenas), presença de caçadores de fora e roubo de madeira. Falta de monitoramento contínuo da biodiversidade.
- ✓ Exploração ilegal.
- ✓ Fiscalização insuficiente.
- ✓ Falta um Plano de Educação Ambiental.
- ✓ Dificuldade e morosidade em conseguir licenças ou dispensa de licenciamento ambiental. Burocracia para conseguir a dispensa de licenciamento de polpa de frutas. Morosidade de licença ou dispensa de licenciamento para criação de peixes.

b. Necessidades sociais identificadas na FLONA Tapajós

- ✓ Falta análises da qualidade da água periodicamente e implementar microssistemas em algumas comunidades.
- ✓ Falta ampliar o abastecimento e tratamento de água.
- ✓ Falta tratamento de esgoto
- ✓ Falta destinação de resíduos sólidos. Visitante deixam lixo.
- ✓ Manutenção da rede é insuficiente e ligações clandestinas prejudicam. Falta de iluminação pública em alguns lugares e ainda assim é cobrada. Oscilação de energia e má qualidade prejudicam o armazenamento de alimentos, atrapalha serviços sociais, a produção de produtos, e queimam aparelhos eletrodomésticos. Energia a motor de luz em poucas comunidades. Utilizar alternativas de fontes de energia: solar e motor de luz; fiscalizar os “gatos”; solicitar à empresa de energia o aumento da carga, mais transformadores. Falta de energia prejudica a alimentação, não pode armazenar alimentos.
- ✓ O número de ônibus não atende às demandas das comunidades. Valores da passagem e para levar bagagem são muito caro. Más condições dos ramais e empresas não contribuem na manutenção das estradas. Condição da estrada perigosa para passageiros. Abertura de estrada sem planejamento adequado.

- ✓ Transporte escolar deficitário devido às más condições das estradas. Ausência de ponte atrapalha o transporte dos alunos e pacientes.
- ✓ Falta de acesso à educação (ensino médio e superior). Ensino Formal está descontextualizado à realidade local. Estrutura precária das Escolas. Falta de creches nas comunidades. Êxodo de famílias afeita as escolas. Jovens não querem estudar. Diminuição da natalidade reduz a demanda e não forma novas turmas
- ✓ Os grupos de mulheres não estão mais atuantes como antigamente
- ✓ Comunidades não exploram o turismo. Falta de sinalização, infraestrutura e empreendedorismo para desenvolver o turismo. Falta de controle do acesso de turistas via fluvial. Atrativos turísticos podem ser alternativa de renda.
- ✓ Morosidade no acesso a exames e consultas. Ausência de posto de saúde, medicamentos, profissional, transporte e comunicação em caso de emergência. Políticas públicas como o bolsa família e MCMV (Minha casa minha vida) tem influenciado na alimentação.
- ✓ Poucas famílias conseguem trabalhar como cooperados. Falta alternativas para geração de renda para os comunitários.
- ✓ Moradores comercializam a produção na vizinhança ou entregam a atravessadores a baixos preços, para evitar dificuldades no transporte e comercialização na cidade; devido a insuficiência de assistência técnica, baixa circulação de renda, dependência da sazonalidade natural, o que limita a produção em épocas de baixa ocorrência.
- ✓ Maior parte das comunidades não foram beneficiadas pela habitação e o local de algumas casas é indevido. Muitas pessoas que foram contempladas não usa a casa e até alugam. Muitas casas recém construídas apresentam problemas.
- ✓ Consumo de produtos industrializados e fertilizantes.
- ✓ Influência de terceiros no modo de vida dos comunitários. O acesso a produtos da cidade reduziu a cultura da agricultura e pesca. TV, celular e internet tem influenciado o desenvolvimento dos comunitários. Algumas danças e músicas estão se perdendo.
- ✓ Pouco envolvimento dos jovens em associações e organizações comunitárias. Juventude não trabalha mais na roça e nas atividades tradicionais. Faltam mais incentivos dos pais e comunidade para maior participação dos jovens. Jovens que estudam na cidade estão perdendo a identidade. Falta de comunicação entre as comunidades.
- ✓ Falta internet e o sinal de celular ainda não cobre todas as comunidades.
- ✓ Aumentar possibilidades de parceria. É necessária mais articulação entre as organizações comunitárias para acessar políticas públicas. Expandir o monitoramento ambiental para outros recursos/atividades.

Quadro 2 - Critérios de seleção indicadores

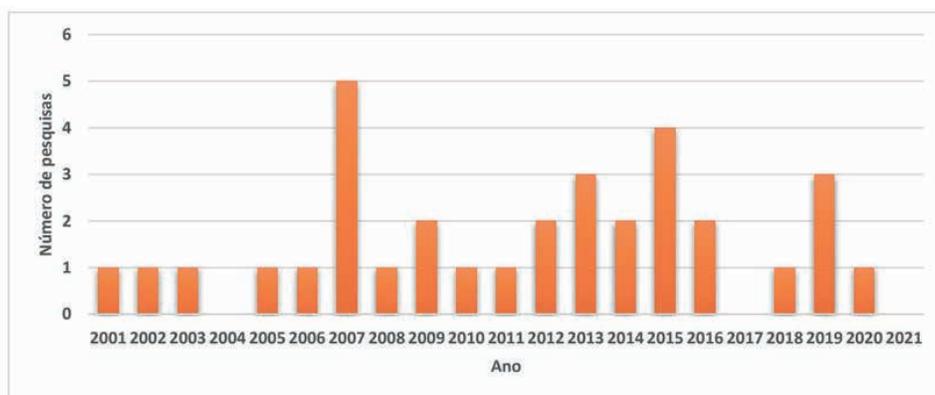
Inclusão	Exclusão
Indicador suportado por mais de 1 autor.	Indicador suportado por apenas um autor.
O indicador está relacionado às necessidades dos ecossistemas e comunidades da FLONA Tapajós.	O indicador não atende nenhuma necessidade dos ecossistemas e comunidades da FLONA Tapajós.
Indicador com foco e objetivo diferenciados.	Indicador com o mesmo objetivo ou abordagem para outro.

Fonte: Elaborado pelos Autores (2023)

### 3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Nos resultados da busca de autores que trabalharam com indicadores em áreas protegidas ou unidades de conservação no período 2001-2021, os anos 2007, 2015 e 2019 foram os que mais tiveram resultados em relação a publicações de indicadores em áreas protegidas ou unidades de conservação (Gráfico 1).

Gráfico 1 - Resultado de pesquisa



Fonte: Autores (2023)

Subseqüentemente, tendo em consideração a revisão de indicadores socioambientais em outras áreas protegidas ou unidades de conservação detalhadas no **Apêndice 1**, e levando em conta as necessidades da FLONA Tapajós, foram estabelecidos os indicadores socioambientais para a Floresta Nacional do Tapajós que estão divididos em quatro categorias, descritas a seguir:

## 1. Categoria ecológica

Quadro 3 - Categoria ecológica

CATEGORIA	INDICADOR	UNIDADE DE MEDIDA	FERRAMENTA DE MENSURAÇÃO	AUTORES (Apêndice 1)
ECOLÓGICA	Fatores abióticos	Mudanças no uso da terra	Dados de roçado	1, 2, 4, 6, 7, 10, 27
		Perda de cobertura florestal (%)	Mapeamento ou dados oficiais	1, 2, 6, 7, 10, 17, 25, 27, 29, 33
		Relação número de licenças emitidas por ano com número de autorizações	Revisão de documento	15, 23, 25, 30
		Tamanho das áreas de cultivos orgânicos e cultivos convencionais	Dados oficiais	4, 10, 23
		Fontes de captação de água	Dados oficiais	7, 8, 12, 17, 25
		Contaminação de fontes de água	Entrevistas (qualidade física da água) e observação direta da fonte emissora (mudanças comportamentais e mortes de espécies).	4, 7, 8, 17, 24, 32
	Fatores bióticos	Variedade de espécies pescadas	Coleta de dados por meio de pescadores	1, 2, 4, 9, 15, 19
		Relação da área antropizada vs área recuperada	Dados oficiais	4, 6, 8, 15
		Relação % de espécies identificadas vs espécies usadas de fauna e flora nativa	Revisão de inventários de fauna e flora. Dados oficiais.	2, 3, 4, 6, 15, 19, 24
		Tamanho de áreas em recuperação ambiental	Dados oficiais	4, 8, 15, 20

Fonte: Elaborado pelos Autores (2023)

No indicador fatores abióticos, vários autores recomendam a medida “percentual de perda de cobertura florestal”. Isso se deve à preocupação com o uso e cuidado das florestas, uma vez que os serviços ecossistêmicos ou ambientais são obtidos das florestas das quais deriva a produção de muitas matérias-primas importantes para o desenvolvimento humano.

Para Caro et al. (2007), o principal objetivo dos indicadores é monitorar as atividades que levam à degradação das florestas e, portanto, à extinção de espécies, e para Maruã (2016), a importância de conservar também ajuda na conservação dos recursos hídricos.

Por outro lado, no indicador de fatores bióticos, um maior número de autores apresentou a unidade de medida “Relação do percentual de espécies identificadas vs. espécies utilizadas de fauna e flora nativas”, dada a importância da conservação e preservação da flora e a fauna local, que funcionam como peça de equilíbrio dos ecossistemas locais. Ademais, é importante recuperar as espécies em perigo de extinção como chave funcional para a manutenção do ecossistema (Caro et al. 2007). Para Gerardo Aratavia (2003) é importante conhecer as populações da fauna e flora da área, pois, existem espécies indicadoras que ajudam a conhecer o estado dos ecossistemas.

A categoria ecológica responde à relação entre as necessidades dos ecossistemas ou comunidades da FLONA Tapajós e dos autores que trabalharam com condições semelhantes tendo como variável comum a unidade de medida. A relação é mostrada abaixo:

Quadro 4 - Relação necessidades-autores categoria ecológica

<b>NECESSIDADES/ CONSTATAÇÃO</b>	<b>UNIDADE DE MEDIDA POR AUTORES</b>
Abertura de estrada sem planejamento adequado. Conflitos de terra. Desmatamento das Áreas de Preservação Permanente.	Mudanças no uso da terra e % de áreas de preservação permanentes desmatadas
Monitoramento de incêndios florestais. Desmatamento.	% de perda de cobertura florestal
Assistência técnica e apoio do governo para produção.	Tamanho das áreas produtivas com assistência.
Ampliar o abastecimento e tratamento de água	Número de fontes de captação de água
Poluição dos rios e falta análises da qualidade da água periodicamente.	Fontes de água contaminadas
Pressão sobre a fauna: pesca predatória no rio tapajós (geleiras e não indígenas). Falta de monitoramento contínuo da biodiversidade.	Número e quantidade de espécies pescadas
Baixo desempenho de regeneração de áreas já manejadas sem técnicas sustentáveis	Relação da área antropizada vs área recuperada/conservada. Tamanho de áreas em recuperação ambiental.
Pressão sobre a fauna: tráfico de animais silvestres, pesca predatória no rio tapajós (geleiras e não indígenas), presença de caçadores de fora e roubo de madeira. Falta de monitoramento contínuo da biodiversidade. Exploração ilegal.	Relação % de espécies identificadas vs espécies usadas de fauna e flora nativa

Fonte: Elaborado pelos Autores (2023)

## 2. Categoria econômica

Quadro 5 - Categoria econômica

CATEGORIA	INDICADOR	UNIDADE DE MEDIDA	FERRAMENTA DE MENSURAÇÃO	AUTORES (Apêndice 1)
ECONÔMICA	Energia	Consumo na Unidade de Conservação	Contas de energia	1, 2, 26, 32, 33
		Número de falhas no fornecimento elétrico por mês	Verificação de registro de falhas	8, 10, 26, 32
		% energias renováveis implementadas nas residências da Unidade de Conservação	Revisão de ações de energia	1, 7, 17, 26, 31, 32
	Transporte	Tipos de meios de transporte e periodicidade na Unidade de Conservação	Dados das entidades responsáveis	1, 2, 10, 16
		Qualidade ou estado das estradas	Revisão e observação direta das estradas	10, 16, 31
		% de cobertura do meio de transporte na Unidade de Conservação	Dados oficiais (Revisão rotas de transporte)	10, 16, 31, 32
	Turismo	Planejamento turístico	Dados oficiais (Revisão da documentação)	3, 5, 7, 8, 17, 25
		Número de chegadas de turistas no mês	Dados oficiais (Revisão das fichas de entrada na Unidade de Conservação)	3, 5, 7, 8, 17, 32
		% geração de empregos	Revisão da gestão trabalhista	5, 7, 8, 17, 31, 32
		% de rendimento econômico das atividades turísticas	Revisão mensal da compra de produtos turísticos e alimentação dentro da Unidade de Conservação	15, 24, 30, 31, 32
	Mercado	Relação % de uso de matéria-prima local com % de material obtido de fontes externas	Revisão de inventário com trabalhadores da área	15, 24, 30, 31
		% venda de produtos locais	Revisão de ações de vendas	13, 15, 24, 30, 31

Fonte: Elaborado pelos Autores (2023)

Atualmente, todas as áreas protegidas ou unidades de conservação estão voltadas para o atendimento de objetivos de desenvolvimento sustentável, e dentro desse caminho é fundamental adequar as condições das populações que estão dentro ou ao redor da área com alternativas ambientalmente corretas, como é o caso dos “percentuais de energias renováveis implementadas na Unidade de Conservação”. Para a maioria dos autores a implementação deste tipo de energia é fundamental para atender demandas das famílias locais, como para atenderem às atividades turísticas.

García et al. (2007) acreditam que a estratégia mais sustentável em relação aos recursos não renováveis, é minimizar sua extração e substituí-los por outros renováveis (por exemplo, petróleo e carvão para energia solar), porque só assim eles podem ser garantidos às gerações futuras. Além disso, segundo Streimikiene (2015) a adoção de energia renovável é um comportamento ambientalmente responsável, e está associado à economia de recursos e promove a qualidade ambiental. Da mesma forma, nas áreas com atividades turísticas, a geração de emprego é um dos objetivos mais importantes, demonstrado na unidade de medida “percentual de geração de empregos” do indicador turismo.

Da mesma forma, dentro dessas atividades turísticas, é importante aumentar o percentual de desempenho do turismo, observado no indicador de mercado. Como mencionado por Filetto et al. (2015), os recursos naturais são geralmente uma oferta fixa e fornecem uma quantidade limitada de serviços em um período de tempo, por isso, faz-se necessário, o uso de técnicas das ciências administrativas e econômicas no processo de gestão desses recursos, principalmente aquelas que têm como foco a sustentabilidade; o que deixa claro que a melhor maneira de alcançar o turismo sustentável é por meio de planejamento cuidadoso, desenvolvimento e gestão do setor de turismo.

E por último, no indicador de transportes, autor como Orantes (2019) destaca a importância da cobertura do transporte público em áreas protegidas ou unidades de conservação que tenham permissão de acesso para pessoas nesses locais, pois dessa forma, o impacto gerado em decorrência das emissões atmosféricas, é reduzido pela redução do número de veículos que podem entrar na área protegida.

A categoria econômica manifesta as necessidades das comunidades em usar os ecossistemas da FLONA Tapajós. No Quadro 6 apresenta-se algumas necessidades e quais unidades poderiam ser medidas.

Quadro 6 - Relação necessidades-autores categoria econômica

NECCESIDADES	UNIDADE DE MEDIDA POR AUTORES
Fiscalizar ligações clandestinas na rede de energia elétrica (os "gatos"); solicitar à empresa de energia elétrica o aumento da carga e mais transformadores.	Varição anual do consumo de energia na Unidade de Conservação. Número de transformadores
Manutenção da rede é insuficiente e ligações clandestinas prejudicam. Oscilação de energia e má qualidade da energia queima aparelhos eletrodomésticos prejudica o armazenamento de alimentos, atrapalha serviços sociais, a produção de produtos, e queima aparelhos eletrodomésticos.	Número de falhas no fornecimento elétrico por mês
Utilizar alternativas de fontes de energia: solar e motor de luz	% energias renováveis implementadas na Unidade de Conservação
O número de ônibus não atende a demanda das comunidades.	Tipos de meios de transporte e periodicidade na Unidade de Conservação
Más condições dos ramais e empresas não contribuem na manutenção das estradas. Condição da estrada perigosa para passageiros.	Qualidade ou estado das estradas
O número de ônibus não atende a demanda das comunidades. Transporte escolar deficitário.	% de cobertura do meio de transporte na Unidade de Conservação
Comunidades não exploram o turismo. Falta de sinalização, infraestrutura e empreendedorismo para desenvolver o turismo.	Planejamento turístico
Falta de controle do acesso de turistas via fluvial.	Número de chegadas de turistas no mês
Poucas famílias conseguem trabalhar como cooperados. Falta alternativas para geração de renda para os comunitários.	% geração de empregos
Consumo de produtos industrializados e fertilizantes. O acesso a produtos da cidade reduziu a cultura da agricultura e pesca.	Relação % de uso de matéria-prima local com % de material obtido de fontes externas
Produtores comercializam a produção na vizinhança ou entregá-la ao atravessador a baixos preços, para evitar dificuldades no transporte e comercialização na cidade; devido a insuficiência de assistência técnica, baixa circulação de renda, dependência da sazonalidade natural, o que limita a produção em épocas de baixa ocorrência.	% venda de produtos locais
Atrativos turísticos como alternativa de renda	% de rendimento econômico das atividades turísticas
Dificuldade e morosidade em conseguir licenças ou dispensa de licenciamento ambiental. Burocracia para conseguir a dispensa de licenciamento de polpa de frutas. Morosidade de licença ou dispensa de licenciamento para criação de peixes.	Relação número de licenças emitidas por ano com número de autorizações

Fonte: Elaborado pelos Autores (2023)

### 3. Categoria social

Quadro 7 - Categoria social

CATEGORIA	INDICADOR	UNIDADE DE MEDIDA	FERRAMENTA DE MENSURAÇÃO	AUTORES (conforme apêndice 1)
<b>SOCIAL</b>	<b>Condição de vida</b>	Estado das casas	Observação direta	17, 18, 20, 22, 24, 29
	<b>Saneamento básico</b>	% de acesso à água potável por família	Revisão de números	1, 2, 4, 7, 14, 27
		% de tratamento de águas residuais na U.C.	Revisão de números	1, 7, 8, 11, 14, 17, 27, 29
		Volume de resíduos por família ou comunidade	Revisão das ações de gestão ou planos implementados	1, 2, 3, 4, 6, 7, 11, 18, 22, 24, 27, 29, 31, 32
		Tipo de resíduo gerado pela família ou comunidade	Revisão das ações de gestão ou planos implementados	1, 2, 3, 4, 6, 7, 11, 18, 22, 24, 31
	<b>Saúde</b>	Disponibilidade de cuidados médicos	Revise os serviços disponíveis	1, 2, 4, 8, 15, 17, 28
		A esperança média de vida dos habitantes	Pesquisa ou revisão de informações documentadas	1, 2, 4, 7, 16, 17, 27
		Qualidade nutricional	Pesquisa ou revisão de informações documentadas	1, 2, 4, 10, 18, 28
	<b>Educação</b>	% de alfabetização nas comunidades da U.C.	Revisão ou realização de pesquisas por comunidade	1, 2, 8, 17, 20, 27
		Nível de escolaridade alcançada pela família	Revisão ou realização de pesquisas por família	1, 2, 8, 10, 20, 27, 28
		Número de escolas por comunidade	Dados oficiais	9, 10, 16, 18, 27, 28
	<b>Igualdade de gênero</b>	% de contratação entre homens e mulheres que trabalham dentro da FLONA Tapajós	Dados oficiais (Revisão dos processos de contratação dentro da unidade)	1, 2, 8, 17, 32
		% de relação entre os níveis de estudo entre homens e mulheres	Revisão ou realização de pesquisas por família	1, 2, 8
	<b>Demografia</b>	Distribuição temporal da pressão humana para a unidade	Dados oficiais (Revisão de mapas demográficos)	7, 15
		Taxa de crescimento populacional	Revisão demográfica da unidade	7
	<b>Convivência</b>	Número de conflitos entre moradores, ou moradores com visitantes.	Pesquisa ou revisão de informações documentadas	8, 9, 15, 30
		Continuidade das atividades tradicionais	Pesquisa ou revisão de informações documentadas	8, 17, 29, 31
		Existência de processos para resolução de conflitos	Dados oficiais (Revisão de documento)	9, 15, 30
		% de participação de jovens em atividades comunitárias	Pesquisa ou revisão de dados	3, 4, 15, 24, 29, 30

Fonte: Elaborado pelos Autores (2023)

As áreas protegidas ou unidades de conservação com população dentro desta têm objetivos que buscam garantir o bem-estar de suas comunidades, pois, é importante não só conservar os ecossistemas, mas também garantir a boa qualidade de vida das populações. Assim, aspetos como o estado das habitações, tratamento de resíduos e águas residuais, acesso a água potável, disponibilidade de cuidados médicos, qualidade dos alimentos, entre outros, são fatores que determinam a esperança de vida das comunidades e, conseqüentemente, o crescimento populacional; além disso, aspectos como oportunidades de acesso à educação e ao emprego, são elementos-chave para o desenvolvimento das comunidades.

Por exemplo, para Rodríguez Evelyn et al. (2018), oportunidades de emprego como o turismo permitiram o desenvolvimento da comunidade “Los Jazmines”, e isso não os impediu de continuar com suas atividades tradicionais, tanto econômicas, políticas, sociais e culturais dentro da área protegida. Mas, além do trabalho, o acesso à educação também possibilita o desenvolvimento das comunidades como afirma Maruã (2016), que menciona que com o acesso à educação se alcança o desenvolvimento sustentável, a começar pela alfabetização, pois dá condições para que as pessoas tenham a capacidade processar informações, selecionar o que é relevante e continuar aprendendo, ampliando as possibilidades futuras de inserção no mercado de trabalho, o que também aumenta as possibilidades de implementar com sucesso ações de manejo em uma unidade de conservação.

Por outro lado, a falta de obras de saneamento básico, como um sistema de tratamento de águas residuais, não só afetará a saúde ou a qualidade de vida das populações, mas também aumentará o impacto ambiental no ecossistema, como ocorre na área protegida de Viñales, onde os efluentes líquidos de uso doméstico são lançados em rios, a céu aberto ou no subsolo por meio de aterros sanitários, causando sérios problemas de poluição nos corpos hídricos, nos solos e na atmosfera (RODRÍGUEZ EVELYN et al., 2018). E assim como diz Gonçalves (2015), a saúde ambiental depende das atividades econômicas, pois a forma como são realizadas, seus passivos, interferem na qualidade do ar, qualidade da água, entre outros.

A categoria social responde à relação entre as necessidades dos ecossistemas ou comunidades da FLONA Tapajós e dos autores que trabalharam com condições semelhantes tendo como variável comum a unidade de medida. A relação é mostrada abaixo:

Quadro 8 - Relação necessidades-autores categoria social

NECESIDADES	UNIDADE DE MEDIDA POR AUTORES
Algumas casas estão em locais inadequados. Muitas casas recém construídas apresentam problemas	Estado das casas
Falta implementar microsistemas em algumas comunidades.	% de acesso à água potável por família
Sem tratamento de esgoto	% de tratamento de águas residuais na U.C.
Sem destinação de resíduos sólidos. Visitante deixam lixo.	Volume de resíduos por família ou comunidade
Sem destinação de resíduos sólidos. Visitante deixam lixo.	Tipo de resíduo gerado pela família ou comunidade
Morosidade no acesso a exames e consultas. Ausência de posto de saúde, medicamentos, profissional, transporte e comunicação em caso de emergência.	Disponibilidade de cuidados médicos
Morosidade no acesso a exames e consultas. Ausência de posto de saúde, medicamentos, profissional, transporte e comunicação em caso de emergência.	A esperança média de vida dos habitantes
Políticas públicas como o bolsa família e MCMV (Minha casa minha vida) tem influenciado na alimentação. Falta de energia prejudica a alimentação, não pode armazenar alimentos.	Qualidade nutricional
Falta de acesso à educação (ensino médio e superior).	% de alfabetização nas comunidades da U.C.
Os jovens não querem estudar.	Nível de escolaridade alcançada pela família
Estrutura precária das Escolas. Falta de acesso à educação (ensino médio e superior).	Número de escolas por comunidade
Os grupos de mulheres não estão mais atuantes como antigamente	% de contratação entre homens e mulheres que trabalham dentro da FLONA Tapajós
Os grupos de mulheres não estão mais atuantes como antigamente	% de relação entre os níveis de estudo entre homens e mulheres
Pressão sobre a fauna: tráfico de animais silvestres, pesca predatória no rio tapajós (geleiras e não indígenas), presença de caçadores de fora e roubo de madeira. Falta de monitoramento contínuo da biodiversidade.	Distribuição temporal da pressão humana para a unidade
Diminuição da natalidade	Taxa de crescimento populacional
Conflitos de terra. Visitante deixam lixo.	Número de conflitos entre moradores, ou moradores com visitantes.
Juventude não trabalha mais na roça e nas atividades tradicionais. Algumas danças e músicas estão se perdendo. O acesso a produtos da cidade reduziu a cultura da agricultura e pesca	Continuidade das atividades tradicionais
Falta de comunicação entre as Comunidades. Conflitos de terra. Visitante deixam lixo.	Existência de processos para resolução de conflitos
Pouco envolvimento dos jovens em associações e organizações comunitárias. Juventude não trabalha mais na roça e nas atividades tradicionais. Falta mais incentivos dos pais e comunidade para maior participação dos jovens. Jovens que estudam na cidade estão perdendo a identidade	% de participação de jovens em atividades comunitárias

Fonte: Elaborado pelos Autores (2023)

#### 4. Categoria institucional

Quadro 9 - Categoria institucional

CATEGORIA	INDICADOR	UNIDADE DE MEDIDA	FERRAMENTA DE MENSURAÇÃO	AUTORES (conforme apêndice 1)
INSTITUCIONAL	Estratégias de desenvolvimento sustentável	Número de ações de educação ambiental por ano	Dados oficiais (Revisão de documento)	3, 6, 15, 17, 25, 28
		Ações de práticas de gestão ambiental da comunidade	Revisão das atividades da comunidade	3, 23, 25
	Gerenciamento e monitoramento	Número de iniciativas de parceria por entidades externas por ano	Dados oficiais (Revisão do histórico da iniciativa)	3, 15, 30, 31
		Tipo e número de organizações das comunidades	Dados oficiais (Revisão do histórico da criação de comunidades)	15, 30
		Monitoramento comunitário do uso de recursos naturais	Dados oficiais (Revisão o histórico de ações da comunidade)	30, 31
	Atenção a desastres	Identificação de áreas sensíveis a estímulos que desencadeiam desastres naturais	Observação direta e análise	2, 3, 10, 31
	Comunicação	% de comunidades com acesso à internet	Análise de cobertura por comunidade	20, 21, 31
		Facilidades de comunicação na Unidade	Revisão de sistemas de rede e comunicação	3, 7, 20, 21, 31
		Nível de atenção às prioridades da comunidade	Revisão dos canais de atendimento comunitário	21, 30, 31
		% de participação de líderes comunitários em assembleias e reuniões	Dados oficiais (Revisão da folha de presença da reunião)	3, 15, 21, 24
	Investigação	Alcance de publicações por ano	Revisão bibliográfica	2, 3, 11, 12

Fonte: Elaborado pelos Autores (2023)

A importância dos indicadores de gestão em áreas protegidas ou unidades de conservação é um denominador comum destacado pela maioria dos autores, pois, a gestão adequada permite a manutenção dos ecossistemas e o desenvolvimento sustentável das comunidades. Além disso, mencionam a execução de atividades como a educação ambiental, que muitas vezes é realizada com o apoio de entidades externas, conseguindo motivação e educação conservacionista efetiva, aliada a atividades de pesquisa realizadas por instituições de ensino do local.

Como exemplo do referido, Gonçalves (2015) destaca que os processos de gestão e as ações de educação ambiental permitem a integração da população residente na área protegida com práticas de conservação. Da mesma forma, Silva (2016) refere que a gestão gera benefícios diretos nos processos de conservação, ao facilitar o acesso a recursos, execução de obras, implementação de estratégias organizacionais, entre outros; esses benefícios, como aponta García (2019), são alcançados por meio do apoio interinstitucional, do governo ou das comunidades vizinhas por meio de processos de gestão.

Em áreas que possuem atividades como o turismo, autores como García et al. (2007) destacam a importância da comunicação, pois, permite a disseminação de informações, além de possibilitar a conexão de comunidades com pesquisadores para poder realizar pesquisas. Para Sobral Oliveira et al. (2008), a pesquisa é um indicador que não pode faltar, pela relevância que tem nas esferas socioambiental, econômica e cultural dentro de uma gestão integrada, além da facilidade de monitoramento devido à sua produção, através do número de publicações, revistas e eventos.

A categoria institucional responde à relação entre as necessidades dos ecossistemas ou comunidades da FLONA Tapajós e dos autores que trabalharam com condições semelhantes tendo como variável comum a unidade de medida. A relação é mostrada abaixo:

Quadro 10 - Relação necessidades-autores categoria institucional

<b>NECESSIDADES</b>	<b>UNIDADE DE MEDIDA POR AUTORES</b>
A FLONA Tapajós precisa de um Plano de Educação Ambiental.	Número de ações de educação ambiental por ano
Falta mais educação ambiental em na gestão de lixo.	Ações de práticas de gestão ambiental da comunidade
Aumentar possibilidades de parceria.	Número de iniciativas de parceria por entidades externas por ano
É necessária mais articulação entre as organizações comunitárias para acessar políticas públicas.	Tipo e número de organizações das comunidades
Expandir o monitoramento ambiental para outros recursos/atividades.	Monitoramento comunitário do uso de recursos naturais
Afetação por incêndios florestais, existem áreas sensíveis a gatilhos de incêndio.	Identificação de áreas sensíveis a estímulos que desencadeiam desastres naturais
Falta internet nas comunidades.	% de comunidades com acesso à internet
O sinal de celular ainda não cobre todas as comunidades.	Facilidades de comunicação na Unidade
Fortalecer a participação do Conselho Consultivo na gestão da FLONA Tapajós. Falta mais participação dos comunitários, principalmente daqueles não associados.	% de participação de líderes comunitários em assembleias e reuniões
Elaborar plano de aquisição de publicações relevantes para as ações de manejo da FLONA Tapajós.	Alcance de publicações por ano

Fonte: Elaborado pelos Autores (2023)

Dentro da investigação, também foi realizada uma análise dos modelos de indicadores e tipos de metodologias trabalhados nas diferentes produções científicas, definindo que um modelo é uma abstração da realidade, portanto, para criá-lo, os objetivos, informações, funcionalidade e seleção de variáveis, dependem da situação e escala a ser trabalhada (POLANCO, 2006). Os modelos mais comuns são:

O modelo Pressão-Estado-Resposta (PER) indica que as atividades humanas exercem pressão direta ou indireta sobre o meio ambiente, afetando a qualidade dos recursos naturais (definindo o estado). A sociedade responde a essa pressão criando políticas (definindo a resposta) (POLANCO, 2006).

O modelo Força-Estado-Resposta (FER) calcula as interações entre as atividades humanas e as do meio ambiente. Além disso, estabelece e exhibe dados derivados de diferentes áreas e recursos (POLANCO, 2006).

O modelo Força Motriz – Pressão – Estado – Impacto – Resposta (DPSIR) explica as relações entre o homem e seu ambiente. Certas tendências são responsáveis pelas pressões que alteram o estado do meio ambiente, e a sociedade intervém para tentar reverter essas pressões adotando medidas (respostas) que podem atuar em qualquer uma das três áreas anteriores: nos problemas (Estado) ou em suas causas diretas (pressões) ou indiretas (tendências setoriais ou forças motrizes) (POLANCO, 2006).

Em geral, os modelos são resultados de interações ser humano-natureza, em que toda atividade tem seu impacto, seja de forma positiva ou negativa, além disso, quando se perde o equilíbrio nas relações entre o meio ambiente e o ser humano é quando surgem os problemas sociais ou ambientais, e os modelos citados acima enfatizam a observação, descrição e compreensão da realidade.

Por outro lado, as metodologias mais aplicadas são as seguintes:

Quadro 11 - Metodologias aplicadas

Metodologias	Organização	Descrição
RAPPAM (Rapid Assessment and Priorization of Protected Area Management)	WWF Brasil e ICMBIO	É uma ferramenta simples que permite identificar tendências e aspectos a melhorar na gestão de áreas protegidas (“Avaliação da gestão das Unidades de Conservação (2015)   WWF Brasil”, [s.d.])
SAMGe (Sistema de Análise e monitoramento de Gestão)	WWF Brasil e ICMBIO	É utilizado como instrumento para medir a eficácia da gestão de áreas protegidas, auxiliando na alocação de recursos (“Instituto Chico Mendes de Conservação da Biodiversidade - Efetividade da Gestão de UCs”, [s.d.])
METT (Management Effectiveness Tracking Tool)	WWF e Banco Mundial	É uma ferramenta de avaliação da eficácia da gestão. (GONÇALVES, 2015)

SISUC (O Sistema de Indicadores Socioambientais para UCs)	Instituto socioambiental	É uma ferramenta pública de monitoramento e avaliação, projetada para dar suporte ao trabalho do conselho gestor, apoiar para o fortalecimento da gestão participativa e abrir o controle social sobre as áreas protegidas (“X Seminário Brasileiro sobre Áreas Protegidas e Inclusão Social (SAPIS) e V Encontro Latino-Americano de Áreas Protegidas e Inclusão Social (ELAPIS)”, [s.d.]])
FAUC (Ferramenta de Avaliação da Efetividade de Unidades de Conservação)	ARPA (programa áreas protegidas da Amazônia)	É o maior programa de conservação de florestas tropicais do mundo, sendo uma evolução da primeira ferramenta colocada em prática nas unidades de conservação (Tracking Tool). (BRUNO; PEIXOTO, 2013)

Fonte: Elaborado pelos Autores (2023)

Uma característica comum entre as metodologias descritas acima, é que todas elas estão direcionadas para a gestão de áreas de conservação, para identificar, avaliar e atuar nas não conformidades nos processos de gestão, no qual, a finalidade é fornecer feedback e aplicar melhorias que beneficiem não só a área, mas também a todos os seus componentes ou atores envolvidos.

No entanto, é importante destacar que o objetivo final das metodologias, é ser o “meio” de geração de novos conhecimentos, mostrando que existe um grande número de modelos e metodologias aplicáveis à gestão de áreas naturais, em que cada um é construído ou escolhido, a metodologia que melhor se adequa ao contexto e às necessidades da comunidade.

## CONSIDERAÇÕES FINAIS

O desenho de indicadores socioambientais para a Floresta Nacional do Tapajós, tem como objetivo primordial observar e mensurar as mudanças ou progressos na unidade de conservação, a fim de atender as diferentes metas sociais, econômicas, conservacionistas, culturais e turísticas estabelecidas na o plano de manejo. Além disso, ao reconhecer as limitações que podem existir no desenvolvimento e execução dos indicadores (econômicos, temporários, etc.), ajuda a tornar essa ferramenta prática e sustentável com informações acessíveis; porque o desenho de indicadores deve ter uma função estratégica, integralmente como modelo de controle, assumindo assim uma função dinâmica no contexto da produção da realidade.

Os indicadores socioambientais definidos abrangem quatro categorias que englobam as atividades desenvolvidas na Floresta Nacional do Tapajós, tais como: pesquisa científica, manejo florestal comunitário, agricultura familiar, assistência técnica, atividades culturais e turísticas, atividades educativas, manejo, controle, entre outros. Além disso, possuem as características básicas que todos os indicadores necessitam, como: simplicidade que facilita

a interação e participação de todos os atores envolvidos nas atividades; ser mensurável, pois deve ter capacidade de ser medido ou valorizado; disponibilidade, relacionada à facilidade de acesso à informação; e, finalmente, confiabilidade, as informações adquiridas devem ser verdadeiras para poder realizar processos transparentes e alcançar resultados efetivos.

O objetivo final de toda área protegida ou unidade de conservação é realizar um desenvolvimento sustentável de suas atividades, razão pela qual o uso de indicadores servirá de equilíbrio para detectar os pontos fracos sobre os quais trabalhar para melhorar a realidade da Unidade, bem como de forma a potencializar as atividades que promovam o cumprimento dos objetivos estabelecidos de comum acordo no plano de gestão da área.

## REFERÊNCIAS

ACHKAR, M. Indicadores de sustentabilidad. Em: **Ordenamiento ambiental del territorio**. [s.l.: s.n.].

ARAÚJO, F. A. DA S. et al. Indicadores de sustentabilidade para sistemas agroflorestais: levantamento de metodologias e indicadores utilizados. **Revista de Economia e Sociologia Rural**, v. 60, n. spe, 10 jan. 2022.

**Avaliação da gestão das Unidades de Conservação (2015) | WWF Brasil**. Disponível em: <<https://www.wwf.org.br/?60763/Rappam-2015>>. Acesso em: 27 abr. 2022.

BELLEN, H. M. VAN. Indicadores de sustentabilidade: uma análise comparativa. 2002.

BENNETT, N. J.; DEARDEN, P. From measuring outcomes to providing inputs: Governance, management, and local development for more effective marine protected areas. **Marine Policy**, v. 50, n. PA, p. 96–110, 1 dez. 2014.

BRUNO, L.; PEIXOTO, O. **EFETIVIDADE DE GESTÃO EM UNIDADE DE CONSERVAÇÃO DE PROTEÇÃO INTEGRAL FEDERAL DO NORTE FLUMINENSE: UMA COMPARAÇÃO DE METODOLOGIAS EMPREGADAS NO PARQUE NACIONAL DA RESTINGA DE JURUBATIBA**. [s.l.: s.n.].

CARO, C.; QUINTEROS, Z.; MENDOZA, V. IDENTIFICACIÓN DE INDICADORES DE CONSERVACIÓN PARA LA RESERVA NACIONAL DE JUNÍN, PERU. **Ecología Aplicada**, v. 6, n. 1, 2007.

CASTILHO DA COSTA, N. M. et al. **INDICADORES FÍSICO-BIÓTICOS DE DESENVOLVIMENTO SUSTENTÁVEL DO ECOTURISMO EM ÁREAS PROTEGIDAS BRASILEIRAS**. [s.l.: s.n.]. . Acesso em: 3 nov. 2021.

DE OLIVEIRA SILVA, D. **A Estratégia do Programa Áreas Protegidas da Amazônia para avaliar a Efetividade das Unidades de Conservação**, 2016.

DÍAZ MARTÍN, D. **Aplicación de las metodologías DPSIR, ANP y ARS en el manejo y conservacion del Parque Nacional Waraira Repano, Venezuela**. Valencia (Spain): Universitat Politècnica de València, 14 abr. 2015.

FILETTO, F.; LUIZ, R.; MACEDO, G. Desenvolvimento de indicadores de sustentabilidade para o ecoturismo em Unidades de Conservação. **Revista Brasileira de Ecoturismo (RBEcotur)**, v. 8, n. 1, 28 fev. 2015.

GARCÍA, J. et al. Los indicadores de sostenibilidad en el turismo. **researchgate.net**, 2007.

GARCÍA, M. **MODELO DE ESTRATEGIA DE SOSTENIBILIDAD PARA RESERVAS NATURALES PRIVADAS. ESTUDIO DE CASO EN EL CANTÓN DE SAN RAMÓN, ALAJUELA, COSTA RICA. 2018-2019.** [s.l.: s.n.].

GONÇALVES, D. L. Monitoramento de áreas de proteção ambiental através de indicadores de sustentabilidade. 19 nov. 2015.

GURGEL, H.; LAQUES, A. Métodos para avaliação da efetividade de áreas protegidas: conceitos, aplicações e limitações. **Centro de Estudos de Geografia e ordenamento do território**, 2019.

GUSTAVO, M.; HIGUCHI, M.; SIQUEIRA, M. **Indicadores Socioambientais do Modo de Vida de Populações Tradicionais em Unidade de Conservação.** 3º Encontro da Região Norte da Sociedade Brasileira de Sociologia: Amazônia e Sociologia: fronteiras do século XXI. **Anais...**2012. . Acesso em: 12 out. 2021

GUTIERREZ-FERNANDEZ, F.; CLOQUELL BALLEST, V.; CLOQUELL BALLESTER, V. **Propuesta De Un Sistema De Indicadores De Sostenibilidad Para Áreas Naturales Con Uso Turístico, Validado Mediante Consulta a Terceros.** , 2012. Disponível em: <<https://papers.ssrn.com/abstract=2269018>>. Acesso em: 4 nov. 2021

ICMBIO. **Plano de Manejo FLONA Volume I-Diagnóstico**, 2019.

ICMBio - **Floresta Nacional do Tapajós - O Que Fazemos.** Disponível em: <<https://www.icmbio.gov.br/flonatapajos/o-que-fazemos.html>>. Acesso em: 2 maio. 2022.

Instituto Chico Mendes de Conservação da Biodiversidade - **Efetividade da Gestão de UCs.** Disponível em: <<https://www.icmbio.gov.br/portal/efetividadedagestaodeucs>>. Acesso em: 27 abr. 2022.

MANOEL CRISTINO DO RÊGO. O Uso de Indicadores de Sustentabilidade na gestão ambiental de Unidades de Conservação: estudo de caso da APA da Ilha do Combu, Belém/PA. 2013.

MARINELLI, C. **SISTEMA DE INDICADORES SOCIOAMBIENTAIS PARA UNIDADES DE CONSERVAÇÃO DA AMAZÔNIA BRASILEIRA.** [s.l.: s.n.].

MARUÃ, S. ISAM – Um sistema de indicadores para o monitoramento da Área de Proteção Ambiental Mananciais do Rio Paraíba do Sul. **Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais**, 2016.

MENA GERARDO ARTAVIA Z, Y. A. **Hacia la administración eficiente de las Áreas Protegidas: Políticas e indicadores para su monitoreo.** [s.l.: s.n.].

MENEZES ANTONIO. Indicadores de sustentabilidade na Reserva de Desenvolvimento Sustentável do Piranha, Manacapuru, Amazonas, Brasil. v. 37, n. 3, p. 401–412, 2007.

ORANTES, M. L. **PROPUESTA DE INDICADORES PARA LA GESTIÓN DEL TURISMO SOSTENIBLE EN LAS ÁREAS PROTEGIDAS DE LA PROVINCIA DE JAÉN.** 2019.

- POLANCO, C. Indicadores ambientais y modelos internacionales para toma de decisiones. **Gestión y Ambiente**, p. 27–41, 2006.
- QUIROGA, R. **Indicadores de sostenibilidad ambiental y desarrollo sostenible: estado del arte y perspectivas**. Santiago de Chile: [s.n.]. . Acesso em: 6 abr. 2022.
- RODRÍGUEZ EVELYN et al. Evaluación de indicadores de sostenibilidad en la comunidad “Los Jazmines”, Viñales, Pinar del Río, Cuba - Dialnet. **Revista Brasileira de Planejamento e Desenvolvimento**, 2018.
- SCHUSCHNY, A.; SOTO, H. Guía metodológica Diseño de indicadores compuestos de desarrollo sostenible. 2009.
- SILVA, C. E. **AVALIAÇÃO DE INDICADORES DE SUSTENTABILIDADE COM BASE NA PESCA ARTESANAL NO ENTORNO DA FLORESTA NACIONAL DO IBURA, BRASIL**. [s.l.: s.n.].
- SILVA SOBRAL OLIVEIRA, B. et al. Indicadores de sustentabilidade: diretrizes para a gestão do turismo na APA Litoral Sul de Sergipe. **Caderno Virtual de Turismo Universidade Federal do Rio de Janeiro**, 2008.
- SILVA THAISE. **PERCEPÇÕES AMBIENTAIS DE COMUNIDADES RURAIS E INDICADORES DE SUSTENTABILIDADE COMO SUBSÍDIOS À CONSERVAÇÃO DE ÁREAS DE CAATINGA NO RIO GRANDE DO NORTE**. [s.l.] Universidade Federal do Rio grande do Norte, 2014.
- SOUTO, R. D. Indicadores de Desenvolvimento Sustentável-Brasil: análise e contribuições. 2013.
- SOUZA-FILHO, P. W. M. et al. The sustainability index of the physical mining Environment in protected areas, Eastern Amazon. **Environmental and Sustainability Indicators**, v. 8, p. 100074, 1 dez. 2020.
- STREIMIKIENE, D. Environmental indicators for the assessment of quality of life. **Intellectual Economics**, v. 9, n. 1, p. 67–79, 1 abr. 2015.
- UNITED NATIONS. **Indicators of Sustainable Development: Guidelines and Methodologies**. New York: [s.n.].
- VÁSQUEZ JORGE; ANDRADE GERMÁN. **El paisaje protegido, pieza faltante en el Sistema de Áreas Protegidas de Colombia**. Disponível em: <<http://revistas.humboldt.org.co/index.php/BEP/article/view/49>>. Acesso em: 14 abr. 2022.
- VEIGA, J. indicadores socioambientais: evolução e perspectivas. **Revista de Economia Política**, v. 29, n. 4, p. 421–435, 2009.
- X Seminário Brasileiro sobre Áreas Protegidas e Inclusão Social (SAPIS) e V Encontro Latino-Americano de Áreas Protegidas e Inclusão Social (ELAPIS)**. Disponível em: <<https://doity.com.br/x-sapis/atividade/sisuc-digital-plataforma-publica-de-suporte-a-governanca-para-unidades-de-conservacao-e-areas-conservadas>>. Acesso em: 28 abr. 2022.

## APÊNDICES

### Apêndice 1

(Nota: Alguns artigos são focados em atividades de turismo em áreas naturais, mas apenas indicadores que não estão diretamente relacionados à área de turismo foram tomados como referência).

Nº	Autor e ano	Título	Metodologia	Indicadores	País
1	Quiroga, (2001)	<i>Indicadores de sustentabilidade ambiental e desenvolvimento sustentável: estado da arte e perspectivas.</i>	Sendo uma área em desenvolvimento conceitual, metodológico e instrumental, considerou-se oportuno oferecer uma visão panorâmica dos indicadores	Âmbito social, ambiental, econômica e institucional	Chile
2	Bellen, (2002)	<i>Indicadores de sustentabilidade: uma análise comparativa.</i>	Análise comparativa das metodologias de sustentabilidade mais conhecidas internacionalmente.	Dimensão Ecológica, social, Econômica, Institucional.	Brasil
3	Mena Gerardo Artavia Z, (2003)	<i>Para a gestão eficiente de Unidades de Conservação: Políticas e indicadores para seu monitoramento.</i>	Esta orientação estratégica assenta na metodologia de acompanhamento da gestão administrativa do ASP, no quadro das actuais políticas institucionais.	Recursos sociais, administrativos, naturais e culturais, político-jurídico, econômico-financeiro	Costa Rica
4	Achkar, (2005)	Indicadores de sustentabilidade. Em <i>Planejamento Ambiental do Território.</i>	Não especifica	Dimensão social, econômica, política e físico-biológica	Uruguay
5	Polanco, (2006)	Indicadores ambientais e modelos internacionais para tomada de decisão	Não especifica	dimensões sociais, econômicas e institucionais	Colômbia
6	Caro, C., (2007)	Identificação de indicadores de conservação para a reserva nacional de Junín, Peru	Revisão bibliográfica, entrevistas e aplicação de pesquisas e desenvolvimento de uma oficina participativa.	Formação e participação cidadã, população, fauna.	Peru
7	García, J., (2007)	Indicadores de sustentabilidade no turismo.	O modelo PSR (Pressure-State-Resposta), modelo DPSIR.	Área modelo territorial-turística, pressão, estado/qualidade, resposta política e social.	Espanha
8	Gutierrez-Fernandez., (2012)	Proposta de um sistema de indicadores de sustentabilidade para áreas naturais com uso turístico	Metodologia AHP (Analytic Hierarchy Process)	Área humana, área ambiental.	Espanha

9	Menezes Antonio, (2007)	<i>Indicadores de sustentabilidade na Reserva de Desenvolvimento Sustentável do Piranha, Manacapuru, Amazonas, Brasil.</i>	O procedimento metodológico adotado na investigação é quantitativo. Os dados foram coletados e organizados por capitais e posteriormente utilizados na comparação dos indicadores e construção do Índice de Desenvolvimento Sustentável Local-IDSL.	Capital humano, social, físico, financeiro, natural.	Brasil
10	United Nations, (2007)	<i>Indicadores de Desenvolvimento Sustentável: Diretrizes e Metodologias.</i>	Não especifica	Pobreza, governança, saúde, educação, demografia, riscos naturais, atmosfera, terra, oceanos, mares e costas, água limpa, biodiversidade, desenvolvimento econômico, parceria econômica global, padrões de consumo e produção	New York
11	Silva Sobral Oliveira., (2008)	Indicadores de sustentabilidade: diretrizes para a gestão do turismo na APA Litoral Sul de Sergipe.	Pressão – Estado – Impacto / Efeito – Resposta (PEI/ER)	Indicador de pressão, status, impacto, resposta e perspectivas.	Brasil
12	Schuschny & Soto, (2009)	Guia metodológico Desenho de indicadores compostos de desenvolvimento sustentável.	Não especifica	Tema ar, água, mares, solos, biota, energia, desastres, ambiente urbano e gestão ambiental	Chile
13	Veiga, (2009)	Indicadores socioambientais: evolução e perspectivas.	Não especifica	sistemas ambientais, estresses, vulnerabilidade humana, capacidade social e institucional, e responsabilidade global.	Brasil
14	Castilho Da Costa., (2010)	<i>Indicadores Físico-Bióticos De Desenvolvimento Sustentável Do Ecoturismo Em Áreas Protegidas Brasileiras</i>	Metodologia GEO (Global Environment Outlook	Infraestrutura de saneamento, cobertura vegetal nativa, uso da terra.	Brasil
15	Marinelli, (2011)	<b>SISTEMA DE INDICADORES SOCIOAMBIENTAIS PARA UNIDADES DE CONSERVAÇÃO DA AMAZÔNIA BRASILEIRA.</b>	Sistema de Indicadores Socioambientais de Unidades de Conservação (SISUC). É uma metodologia de avaliação e monitoramento estratégico de UCs.	Indicadores socioculturais, econômicos, ambientais, de gestão.	Brasil

16	Gustavo, (2012)	Indicadores Socioambientais do Modo de Vida de Populações Tradicionais em Unidade de Conservação.	Metodologia esquisitação participativa (PAP)	Econômica, social, ecológica.	Brasil
17	Gutierrez-Fernandez, (2012)	Proposta de Sistema de Indicadores de Sustentabilidade para Áreas Naturais de Uso Turístico, validado por Consultoria de Terceiros.	Metodologia 3s-Delphi.	Atividades humanas e ambientais.	Espanha
18	Manoel Cristino do Rêgo, (2013)	<i>O Uso de Indicadores de Sustentabilidade na gestão ambiental de Unidades de Conservação: estudo de caso da APA da Ilha do Combu, Belém/PA.</i>	A metodologia consistiu em pesquisa bibliográfica	Econômica, social, ambiental, institucional.	Brasil
19	Silva, (2013)	<i>Avaliação de indicadores de sustentabilidade com base na pesca artesanal no entorno da floresta nacional do Ibura, Brasil.</i>	Metodologia MESMIS (Estrutura para avaliação de Sistemas de Gestão de Recursos Naturais incorporando Indicadores de Sustentabilidade)	social, ambiental, econômica e institucional	Brasil
20	Souto, (2013)	<i>Indicadores de Desenvolvimento Sustentável-Brasil: análise e contribuições.</i>	Não especifica	Social, ambiental, institucional, Econômico	Brasil
21	Bennett & Dearden, (2014)	Da medição dos resultados ao fornecimento de insumos: governança, gestão e desenvolvimento local para uma proteção marinha mais eficaz	Não especifica	Governança, administração, Desenvolvimento local.	Canadá
22	Silva Thaise, (2014)	<i>Percepções ambientais de comunidades rurais e indicadores de sustentabilidade como subsídios à conservação de áreas de caatinga no rio Grande do Norte.</i>	Metodologia pressão, estado, impacto, resposta (PEIR)	Dimensão pressão, estado, impacto, resposta	Brasil

23	Díaz Martín, (2015)	<i>Aplicação das metodologias DPSIR, ANP e ARS na gestão e conservação do Parque Nacional Waraira Repano, Venezuela</i>	Forças motrizes, pressões, estados, impactos, respostas.	DPSIR (FPEIR em espanhol, Forças Motrizes - Pressões -Estados-Impactos-Respostas), a Análise de Redes Sociais (ARS) e o Processo Analítico de Rede (ANP).	Venezuela
24	Filetto, F., (2015)	Desenvolvimento de indicadores de sustentabilidade para o ecoturismo em Unidades de Conservação.	Não especifica	Natural, cultural, social, econômico.	Brasil
25	Gonçalves, (2015)	<i>Monitoramento de áreas de proteção ambiental através de indicadores de sustentabilidade.</i>	Baseada no método dedutivo que busca a aplicação de princípios gerais a casos particulares para se obter respostas	Econômicos, socioculturais, ambientais, gestão.	Brasil
26	Streimikiene, (2015)	Indicadores ambientais para avaliação da qualidade de vida.	Não especifica	Qualidade do meio ambiente, comportamento ambientalmente responsável, consumo de serviços ambientais	Lituânia
27	Maruã, (2016)	Um sistema de indicadores para o monitoramento da Área de Proteção Ambiental Mananciais do Rio Paraíba do Sul.	A metodologia empregada resultou em mapeamentos com acurácias semelhantes	Dimensão econômica, social e ecológica.	Brasil
28	de Oliveira Silva, (2016)	<i>A Estratégia do Programa Áreas Protegidas da Amazônia para avaliar a Efetividade das Unidades de Conservação.</i>	A metodologia utilizada para a elaboração da tese levou em consideração a necessidade de acessar um conjunto significativo de dados sobre o estado da arte do tema avaliação de efetividade em unidades de conservação e sobre a estratégia do Programa Arpa para avaliar a efetividade de suas UCs.	Indicadores sociais, econômicos e de gestão	Brasil
29	Rodríguez Evelyn, (2018)	Avaliação de indicadores de sustentabilidade na comunidade “Los Jazmines”, Viñales, Pinar del Río, Cuba	Uma pesquisa observacional descritiva foi realizada na comunidade “Los Jazmines” pertencente ao município de Viñales, localizado na área centro-norte de Pinar del Río, Cuba.	Tema biodiversidade, gestão ambiental, mão de ecossistemas, comunidade, padrões de produção e consumo, saúde e habitação.	Cuba

30	Gurgel & Laques, (2019)	Métodos para avaliação da efetividade de áreas protegidas: conceitos, aplicações e limitações	Não específica	Econômico, socioculturais, ambientais, gestão	Brasil
31	M. García, (2019)	<i>MODELO DE ESTRATÉGIA DE SUSTENTABILIDADE PARA RESERVAS NATURAIS PRIVADAS. ESTUDO DE CASO NO CANTÃO DE SAN RAMÓN, ALAJUELA, COSTA RICA. 2018-2019.</i>	Para o desenvolvimento desta pesquisa, foram definidas quatro fases: <b>1.</b> Seleção das quatro reservas naturais particulares onde a pesquisa será realizada. <b>2.</b> Desenho da ferramenta de indicadores de sustentabilidade para reservas naturais privadas. <b>3.</b> Avaliação da sustentabilidade nas reservas naturais particulares selecionadas, através da aplicação da ferramenta de indicadores de sustentabilidade desenhada na fase dois. <b>4.</b> Formulação de um plano estratégico para a sustentabilidade das reservas naturais privadas analisadas no cantão de San Ramón	Sociocultural, ambiental, econômico, administrativo.	Costa Rica
32	Orantes, (2019)	<i>Proposta de indicadores para a gestão do turismo sustentável nas áreas protegidas da província de Jaen.</i>	O ETIS representa uma metodologia unitária para a gestão de destinos sustentáveis.	Social, ambiental, territorial, econômico	Espanha
33	Souza-Filho, (2020)	O índice de sustentabilidade do ambiente físico de mineração em áreas protegidas, Amazônia Oriental.	Não específica	Terra, resíduos, energia e recursos hídricos.	Brasil

# PROPOSIÇÕES TEÓRICAS SOBRE A EDUCAÇÃO CIENTÍFICA PARA O DESENVOLVIMENTO SUSTENTÁVEL: AMPLIANDO A COMPREENSÃO NO CONTEXTO DAS MUDANÇAS CLIMÁTICAS

*Data de aceite: 02/10/2024*

### **Mayara Duarte da Silva**

Universidade Federal do Oeste do Pará  
(UFOPA)

Santarém–Pará

CV: <http://lattes.cnpq.br/4658121641275066>

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-2568-2816>

### **Tânia Suely Azevedo Brasileiro**

Universidade Federal do Oeste do Pará  
(UFOPA)

Santarém–Pará

CV: <http://lattes.cnpq.br/7125374751055075>

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-8423-4466>

**RESUMO:** Nas últimas décadas do século XXI as pesquisas científicas têm enfatizado que o planeta vivencia pelo menos três grandes crises simultâneas profundamente interligadas, quais sejam: o colapso na saúde, a perda da sociobiodiversidade e as Mudanças Climáticas Globais (MCG). Nesse contexto, a Organização das Nações Unidas (ONU) estabeleceu os 17 Objetivos de Desenvolvimento Sustentável (ODS), dentre os quais se faz presente o ODS 4 – Educação de Qualidade. No ODS 4, a Educação é mencionada como instrumento fundamental de transformação

socioambiental. Contudo, existem tipos de educação que vão de encontro aos princípios do desenvolvimento sustentável, por esse motivo recomendou-se uma abordagem pedagógica diferencial denominada de Educação para o Desenvolvimento Sustentável (EDS). No que concerne à Educação Científica, o Brasil está longe de alcançar o *status* de país com elevado nível de letramento científico, pois os estudantes brasileiros demonstram sucessivos desempenhos insatisfatórios nas avaliações nacionais e internacionais da aprendizagem em ciências. Na Amazônia Legal, a população luta para superar um grave histórico de evasão escolar e baixos níveis educacionais. Baseado nisso, as autoras do presente trabalho propuseram uma perspectiva mais ampla de EDS, surgindo, então, a Educação Científica para o Desenvolvimento Sustentável (ECDS), uma abordagem pedagógica que propõe a interlocução Universidade-Escola-Comunidade para possibilitar a difusão do método científico frente às demandas da vida moderna. Desse modo, esse trabalho objetiva apresentar, por meio de embasamento teórico, a inclusão da ECDS, ampliando a sua compreensão no contexto das MDG. Trata-se de uma pesquisa

bibliográfica do tipo Revisão Sistemática da Literatura (RSL) pelo método *Systematic Search Flow* (SSF), com busca de artigos no Portal Periódicos da CAPES utilizando os descritores Educação Científica AND Educação para o Desenvolvimento Sustentável OR Educação Científica para o Desenvolvimento Sustentável AND Mudanças Climáticas Globais AND Interlocução Universidade-Escola-Comunidade. Os resultados reforçam a importância das instituições de ensino no enfrentamento das consequências socioambientais da crise climática, sobretudo, das universidades públicas, pois são as principais promotoras da educação gratuita no país e, portanto, as primeiras que devem articular propostas de ECDS à sociedade, promovendo, assim, uma educação científica de qualidade integrada à perspectiva de desenvolvimento sustentável.

**PALAVRAS-CHAVE:** Educação Científica. Educação para o Desenvolvimento Sustentável. Educação Científica para o Desenvolvimento Sustentável. Mudanças Climáticas Globais. Interlocução Universidade-Escola-Comunidade.

## THEORETICAL PROPOSITIONS ON SCIENCE EDUCATION FOR SUSTAINABLE DEVELOPMENT: EXPANDING UNDERSTANDING IN THE CONTEXT OF CLIMATE CHANGE

**ABSTRACT:** In the last decades of the 21st century, scientific research has emphasized that the planet is experiencing at least three major simultaneous crises that are deeply interconnected, namely: the collapse in health, the loss of socio-biodiversity and Global Climate Change (GCM). In this context, the United Nations (UN) established the 17 Sustainable Development Goals (SDGs), among which SDG 4 – Quality Education is present. In SDG 4, Education is mentioned as a fundamental instrument for socio-environmental transformation. However, there are types of education that meet the principles of sustainable development, which is why a different pedagogical approach called Education for Sustainable Development (EDS) was recommended. Regarding Scientific Education, Brazil is far from achieving the status of a country with a high level of scientific literacy, as Brazilian students demonstrate successive unsatisfactory performances in national and international assessments of learning in science. In the Legal Amazon, the population struggles to overcome a serious history of school dropout and low educational levels. Based on this, the authors of the present work proposed a broader perspective of ESD, resulting in Scientific Education for Sustainable Development (ECDS), a pedagogical approach that proposes University-School-Community dialogue to enable the dissemination of the scientific method facing the demands of modern life. Therefore, this work aims to present, through theoretical basis, the inclusion of the ECDS, expanding its understanding in the context of the MDG. This is a bibliographical research of the Systematic Review type (RSL) using the Systematic Search Flow (SSF) method, searching for articles on the CAPES Periodicals Portal using the descriptors Scientific Education AND Education for Sustainable Development OR Scientific Education for Development Sustainable AND Global Climate Change AND University-School-Community Interlocution. The results reinforce the importance of educational institutions in facing the socio-environmental consequences of the climate crisis, especially public universities, as they are the main promoters of free education in the country and, therefore, the first to articulate ECDS proposals to society, promoting, thus, quality scientific education integrated with the perspective of sustainable development.

**KEYWORDS:** Scientific Education. Education for Sustainable Development. Scientific Education for Sustainable Development. Global Climate Change. University-School-Community Interlocution.

## 1. INTRODUÇÃO

A crise socioambiental que aflige o planeta atingiu precedentes alarmantes nas últimas duas décadas do século XXI (ARTAXO, 2020). As previsões dos cientistas sobre os riscos das Mudanças Climáticas Globais (MCG) já são realidade para grande parte da população mundial (IPPC, 2021). Em meio à urgência de mitigação e/ou adaptação às MCG surgiram diversas estratégias de Desenvolvimento Sustentável (DS) na sociedade moderna (FLEIG; NASCIMENTO; MICHALISZYN, 2021).

A Educação tornou-se uma das ferramentas em potencial eficaz ao processo de transformação individual e coletiva para a preservação do meio ambiente (UNESCO, 2017). Vale mencionar que de acordo com a Constituição Federal de 1988, a educação é um direito universal e dever do Estado, como institui seu artigo 205:

Art. 205. A educação, direito de todos e dever do Estado e da família, será promovida e incentivada com a colaboração da sociedade, visando ao pleno desenvolvimento da pessoa, seu preparo para o exercício da cidadania e sua qualificação para o trabalho (BRASIL, 1988).

Nesse contexto, a Organização das Nações Unidas (ONU) propôs, por meio do documento “Transformando Nosso Mundo: A Agenda 2030 para o Desenvolvimento Sustentável”, um plano de ação universal com compromissos a serem cumpridos pelos países signatários até o ano 2030, ficando conhecida como “Agenda 2030” (ONU, 2015).

Nesse documento constam os 17 Objetivos de Desenvolvimento Sustentável (ODS), que consistem em “[...] medidas ousadas e transformadoras que são urgentemente necessárias para direcionar o mundo para um caminho sustentável e resiliente” (ONU, 2015, p. 2). Dentre os objetivos da Agenda 2030, destaca-se o ODS 4 – Educação de Qualidade, contendo sete metas que buscam “assegurar a educação inclusiva e equitativa e de qualidade, e promover oportunidades de aprendizagem ao longo da vida para todos” (ONU, 2015, p. 23).

Dessa forma, a Organização das Nações Unidas para a Educação, a Ciência e a Cultura (UNESCO) passou a recomendar que as instituições de ensino adotassem abordagens pedagógicas específicas ao tratar das temáticas ambientais nas suas atividades didáticas (UNESCO, 2017). Assim, surgiu a Educação para o Desenvolvimento Sustentável (EDS), que diferentemente das demais abordagens enfatiza uma educação voltada a capacitar os estudantes “a tomar decisões informadas e adotar ações responsáveis para assegurar a integridade ambiental, a viabilidade econômica e uma sociedade justa para as gerações presentes e futuras” (UNESCO, 2017, p. 7).

No entanto, a introdução da EDS no campo educacional nacional e internacional vem sendo acompanhada de embates e resistências (ESCORIHUELA; HERNÁNDEZ; JUVINAO, 2019). De um lado, pesquisadores do campo da Educação Ambiental (EA) lutam pelo não esmaecimento e silenciamento da EA, de outro, os campos teórico e político

educacional se alinham à EDS proposta pela UNESCO (HENCKE; SILVA, 2022; HENNING, 2019).

Nesse interim, a educação brasileira sofre um histórico de atraso no seu acesso e qualidade (COSTIN, 2020). A evidência mais recente desse fato foi o enfretamento da pandemia da COVID-19 (doença causada pelo novo coronavírus *Sars-CoV-2*), que escancarou desigualdades educacionais ao requerer isolamento e distanciamento social, obrigando as instituições educacionais ao ensino remoto (BRASILEIRO et al., 2021).

Ademais, antes mesmo da pandemia acentuar os desafios da educação, o Brasil já mostrava resultados preocupantes com relação à aprendizagem (BRASIL, 2018; OCDE, 2018). De acordo com Costin (2020), os estudantes brasileiros apresentam sucessivos desempenhos insatisfatórios na maior avaliação internacional da educação básica, o Programa Internacional de Avaliação de Estudantes (*Programme for International Student Assessment - PISA*), aplicado pela Organização para a Cooperação e Desenvolvimento Econômico (OCDE). Conforme os resultados do PISA, em suas últimas edições (2018 e 2022), os jovens de 15 anos no Brasil não atingiram o nível básico em matemática, leitura e ciências (OCDE, 2022).

Da mesma forma, o Sistema de Avaliação da Educação Básica (SAEB), realizado pelo Instituto Nacional de Estudos e Pesquisas Educacionais Anísio Teixeira (INEP), tem evidenciado baixos índices de aprendizagem em língua portuguesa, matemática e ciências para os estudantes participantes (BRASIL, 2022). Além disso, o Índice de Desenvolvimento da Educação Básica (IDEB), calculado a partir dos resultados do SAEB e das taxas de aprovação obtidas pelo Censo Escolar, também se mostrou abaixo da meta na sua última avaliação em 2021 (BRASIL, 2022).

Com relação à Educação Científica (EC), o Indicador de Letramento Científico (ILC), que avalia o “domínio das habilidades de letramento no uso da linguagem e dos conceitos do campo da ciência no cotidiano” (IBLC, 2018, p. 5), apontou que a população brasileira apresenta nível de letramento científico proficiente inferior a 5%<sup>1</sup> (IBLC, 2018). Essas lacunas de aprendizagens no Brasil são históricas e se acentuam com o passar dos anos, mostrando que mesmo com os avanços significativos nas políticas públicas de incentivo à educação de qualidade, o país ainda exhibe entraves educacionais difíceis de serem superados (MURI, 2017).

Dessa forma, demonstra-se que apesar de a educação estar amparada pelas normativas legais, ela ainda não foi completamente consolidada no país. Diante disso, a

---

1. O Indicador de Letramento Científico (ILC) foi uma iniciativa do Instituto Brasileiro de Letramento Científico (IBLC) em parceria com o Instituto Paulo Montenegro, a Ação Educativa e o Instituto Abramundo, que buscou avaliar o domínio de habilidades científicas em situações cotidianas entre os jovens e adultos de 15 a 40 anos com no mínimo 4 anos de estudo. O ILC compreendia dimensionar o domínio da linguagem científica, o domínio dos saberes e práticas da ciência e o domínio sobre as visões de mundo, sendo sua escala subdividida em: Nível 1 – Letramento Não Científico; Nível 2 – Letramento Científico Rudimentar; Nível 3 – Letramento Científico Básico; e Nível 4 - Letramento Científico Proficiente. Em sua primeira e única edição realizada em 2014, o indicador mostrou que 16% dos participantes apresentavam nível 1; 48% encontravam-se no nível 2; 31% no nível 3 e apenas 5% situavam-se no nível 1, o mais alto da escala.

temática abordada no presente capítulo se insere no campo teórico das ciências ambientais e se dedica às discussões sobre o letramento científico, acreditando que o ensino de ciências associado às problemáticas socioambientais deve constituir-se instrumento capaz de contribuir para combater as mazelas decorrentes das MCG.

Assim, considerando a educação científica como parte do processo de emancipação política e econômica de uma nação e tendo a crise socioambiental como pano de fundo para as discussões do tempo presente, esse capítulo propõe uma perspectiva mais ampla de EDS. Essa proposta pretende unir duas grandes necessidades do campo educacional brasileiro: a primeira necessidade consiste no imperativo de que o letramento científico precisa ser enfatizado, enxergando o ensino de ciências desde a educação básica como um mecanismo fundamental de desenvolvimento intelectual, científico e tecnológico.

A segunda demanda incide em evidenciar uma abordagem pedagógica coerente com o atual cenário socioambiental mundial. Partindo-se do campo de conhecimento das ciências ambientais, que se dedica ao estudo das relações sociedade e natureza, a partir de uma perspectiva interdisciplinar que possibilite a interlocução Universidade-Escola-Comunidade, a fim de promover a difusão do método científico frente às demandas da vida contemporânea.

Dessa maneira, o objetivo desse estudo foi realizar as proposições teóricas iniciais sobre a compreensão da Educação Científica para o Desenvolvimento Sustentável (ECDS) no contexto das Mudanças Climáticas Globais. Tal abordagem pedagógica propõe a articulação entre o ensino superior, a educação básica e a comunidade como ferramenta de disseminação do conhecimento científico, a fim de contribuir para o enfrentamento da crise socioambiental.

O presente capítulo encontra-se estruturado em cinco seções, as quais abrangem: a seção introdutória, na qual são apresentadas a temática abordada no estudo, o seu campo de inserção, bem como a problemática levantada para orientar as discussões e o objetivo proposto para a realização do trabalho. Em seguida, apresentam-se a abordagem metodológica, o tipo de estudo e os métodos empregados para a produção dos dados da pesquisa. Por conseguinte, são demonstrados os resultados, os quais acham-se subdivididos em três tópicos. A seção final do documento compreende as considerações finais, seguida das referências bibliográficas utilizadas para nortear a escrita deste texto.

## 2. METODOLOGIA

A presente pesquisa bibliográfica adotou uma abordagem qualitativa descritiva, com utilização da Revisão Sistemática da Literatura (RSL). A RSL foi realizada por meio do método *Systematic Search Flow* (SSF) (FERENHOF; FERNANDES, 2016). Destacou-se as quatro fases do método *SSF*, as quais são compostas por oito atividades. A Fase 1

consistiu na definição do Protocolo de Pesquisa, abrangendo cinco atividades, são elas: 1) Definição da estratégia de busca; 2) Consulta em base de dados; 3) Gestão de documentos; 4) Padronização e seleção dos documentos; e 5) Composição o portfólio de documentos. A Fase 2 compreendeu a Atividade 6 com a análise dos documentos consultados. A Fase 3 abrangeu a Atividade 7, que abarcou a síntese das informações mais relevantes. E, por último, a Fase 4, que abrangeu a Atividade 8, consolidando a sistematização dos resultados da pesquisa e a escrita final da RSL. A Figura 1, a seguir, resume as fases e atividades do método SSF.

Figura 1 – Fases e atividades da Revisão Sistemática da Literatura de acordo com o método SSF.



Fonte: Ferenhof e Fernandes (2016, p. 556).

Dessa forma, na primeira atividade estabeleceu-se como estratégia de busca a pesquisa de artigos no Portal de Periódicos da Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES), por meio do acesso à Comunidade Acadêmica Federada (CAFe) a qual a Universidade Federal do Oeste do Pará (UFOPA) encontra-se credenciada. Desse modo, considerou-se como critérios de inclusão: 1) Artigos publicados dentro do marco temporal definido no período entre 2019 a 2024; 2) Artigos com acesso aberto; 3) Artigos em qualquer idioma; e 4) Artigos que tratavam da temática referida nas palavras-chave desse estudo. Como critérios de exclusão, foram utilizados: 1) Artigos fora do marco temporal definido nesta pesquisa; 2) Artigos que não englobavam o assunto abordado no estudo; e 3) Artigos em duplicata.

Iniciou-se a primeira busca dos artigos com os seguintes descritores: Educação Científica AND Ensino Médio AND Educação para o Desenvolvimento Sustentável AND Mudanças Climáticas Globais AND Interlocação Universidade-Escola-Comunidade. Contudo, nenhum registro foi encontrado. Dessa forma, optou-se por utilizar outros descritores, quais sejam: Educação Científica AND Educação Ambiental AND Educação para o Desenvolvimento Sustentável AND Mudanças Climáticas Globais AND Interlocação Universidade-Escola-Comunidade, os quais também não apresentaram registros na base de dados consultada.

Somente obtiveram-se registros de artigos quando foram utilizados os descritores e operadores booleanos: Educação Científica *AND* Educação para o Desenvolvimento Sustentável *OR* Educação Científica para o Desenvolvimento Sustentável *AND* Mudanças Climáticas Globais *AND* Interlocação Universidade-Escola-Comunidade, conforme listado no Quadro 1.

Quadro 1 – Descritores utilizados para a pesquisa de artigos no Portal Periódicos da CAPES.

Descritores	Números de Artigos
Educação Científica <i>AND</i> Ensino Médio <i>AND</i> Educação para o Desenvolvimento Sustentável <i>AND</i> Mudanças Climáticas Globais <i>AND</i> Interlocação Universidade-Escola-Comunidade	0
Educação Científica <i>AND</i> Educação Ambiental <i>AND</i> Educação para o Desenvolvimento Sustentável <i>AND</i> Mudanças Climáticas Globais <i>AND</i> Interlocação Universidade-Escola-Comunidade	0
Educação Científica <i>AND</i> Educação para o Desenvolvimento Sustentável <i>OR</i> Educação Científica para o Desenvolvimento Sustentável <i>AND</i> Mudanças Climáticas Globais <i>AND</i> Interlocação Universidade-Escola-Comunidade	151

Fonte: Elaborado pelas autoras (2024).

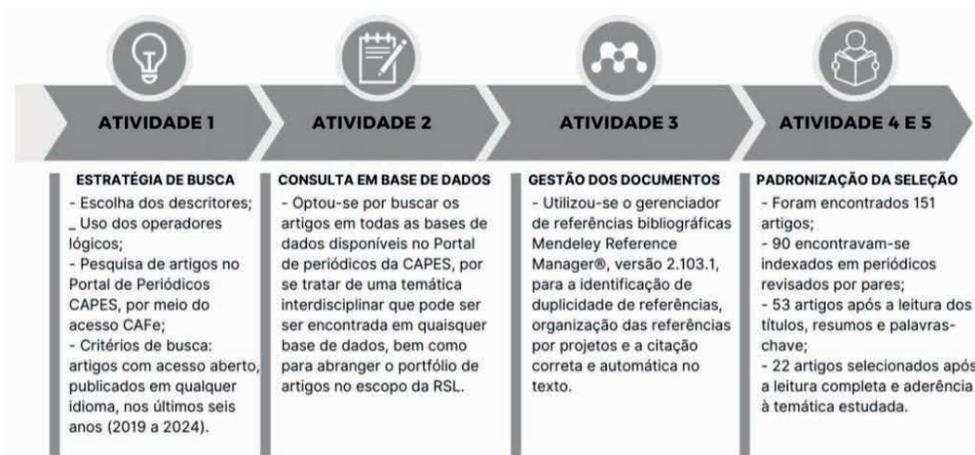
Para os filtros da busca no Portal de Periódicos da CAPES, utilizou-se artigos com acesso aberto, publicados em qualquer idioma, nos últimos seis anos (2019 a 2024). Assim, durante a primeira atividade da Fase 1 foram encontrados 151 artigos. Entretanto, 90 deles foram considerados nesse momento da pesquisa, os quais encontravam-se indexados em periódicos revisados por pares.

Na atividade 2, que consistiu na consulta em bases de dados disponíveis, optou-se por não definir nenhuma base de dados específica do Portal de Periódicos da CAPES, a fim de abranger o portfólio de artigos no escopo da pesquisa, haja vista que a temática abordada se caracteriza como interdisciplinar e, por isso, pode ser encontrada em qualquer base de dados.

Para a atividade 3 (Gestão de Documentos) utilizou-se o gerenciador de referências bibliográficas Mendeley Reference Manager®, versão 2.103.1, o qual possibilitou a identificação de duplicidade de referências (*Duplicates*), organização das referências por projetos (*Collections*), bem como permitiu a citação correta e automática no texto.

Em seguida, na atividade 4 (Padronização e Seleção de Documentos), procedeu-se à leitura dos títulos, resumos e palavras-chave, o que permitiu a seleção de 53 artigos que tratavam da temática abordada nesse estudo. Na atividade 5, após a leitura completa e minuciosa, foram selecionados 22 artigos para fazer parte do escopo final desta pesquisa, gerando o portfólio da RSL. As atividades 1 a 5 da Fase 1 são apresentadas na Figura 2, a seguir.

Figura 2 – Síntese das atividades 1 a 5, de acordo com o método SSF.



Fonte: Elaborado pelas autoras (2024).

O Quadro 2, a seguir, apresenta a organização dos artigos selecionados para compor o portfólio desta RSL, conforme o ano de publicação, nomes dos autores e título dos artigos.

Quadro 2 – Portfólio de artigos selecionados para compor esta RSL.

Ano	Autor(es)	Título
2019	ESCORIHUELA, A.; HERNÁNDEZ, Y.; JUVINAO, D. D. L.	Una encrucijada gerencial: la educación ambiental vs. Educación para el desarrollo sostenible
2019	HENNING, P. C	Verdades educacionais no Brasil e na Espanha: tensionamentos ambientais sob análise
2019	RAMOS, A. S.; FONSECA, P. R. B.; NOGUEIRA, E. M. L.; LIMA, R. A.	A relevância da educação ambiental para o desenvolvimento da sustentabilidade: uma breve análise
2019	SÁ, J. P.; Lopes, B.; Martins, I. P.	Sustentabilidade e Intercompreensão: Perspectivas e contributos de um centro de investigação em educação
2019	TENREIRO-VIEIRA, C.; VIEIRA, R. M.	Abordagem de temas do currículo de ciências do ensino básico num quadro EDS com orientação Ciência-Tecnologia-Sociedade / Pensamento Crítico
2020	ANDRADE, F. M. R.	Desenvolvimento Sustentável na Amazônia Brasileira: Significados e Conceitos
2020	ARTAXO, P.	As três emergências que nossa sociedade enfrenta: saúde, biodiversidade e mudanças climáticas
2020	COSTIN, C.	Educar para um futuro mais sustentável e inclusivo
2020	FAVARIN, R. R.; TRINDADE, N. R.; ÁVILA, L. V.; TREVISAN, M.	Aprendizagem social e desenvolvimento sustentável: um estudo bibliométrico na <i>web of science</i> da última década
2020	GALIETA, T.	A Noção de Desenvolvimento como Eixo Estruturante para a Reflexão sobre Temáticas Socioambientais: Contribuições de Três Campos de Conhecimento

2020	KATO, D. S.; KAWASAKI, C. S.; CARVALHO, L. M.	O conceito de ecossistema como delimitação espaçotemporal nas pesquisas em educação ambiental: implicações para o ensino de ciências/biologia
2020	PEZARINI, A. R.; MACIEL, M. D.	Educação ambiental pelo viés da argumentação: o panorama e as possibilidades desta relação
2021	ANDRADE, N. P.; PORTELA, F. R.; MATIVI, M.	Análise do discurso do outro em textos acadêmicos que versam sobre a educação ambiental
2021	FLEIG, R.; NASCIMENTO, I. B.; MICHALISZYN, M. S.	Desenvolvimento Sustentável e as Instituições de Ensino Superior: Um Desafio a Cumprir
2021	MARLI HOERNIG, A.; HOERNIG-JUNIOR, B. A.	A sustentabilidade ambiental efetivada através da gestão educacional
2021	MORAES, M. C.; PETRAGLIA, I.	Epistemologia de Terra-Pátria para uma nova cidadania planetária
2022	ANDRADE, F. G.; SANTOS-JUNIOR, J. M.; NEPOMUCENO, N. A. S.; VASCONCELOS, A. K. P.	Análise bibliométrica de publicações nacionais sobre ações de educação ambiental realizadas no ensino não-formal do Brasil no período de 2010 a 2019
2022	HENCKE, J.; SILVA, G. R.	Educação para o Desenvolvimento Sustentável x Educação Ambiental: atravessamentos sob a óptica da “ciência maior”
2022	HENNING, P. C.; FERRARO, J. L. S.	As lutas políticas da Educação Ambiental nas universidades brasileiras: provocações à governamentalidade neoliberal no âmbito da educação para o desenvolvimento sustentável
2022	KMINEK, H.	About Critical Theory of Education in Times of Populism and the Need for Sustainable Development
2023	Luz, R.; SANTANA, U. S.; MORAIS, R. M.	Desafios e possibilidades para a Educação em Ciências em tempos de crise civilizatória: repensando os atuais caminhos
2023	CHIRINDZA, A.; LANGA, A. C.; FACELA, G. A.	Modelo libertário de educação como encontro entre liberdade e responsabilidade

Fonte: Elaborado pelas autoras (2024).

Na Fase 2 da pesquisa ocorreu a Atividade 6, com análise dos artigos, mapeamento dos autores e periódicos mais citados, especificando também alguns aspectos relacionados ao tema da pesquisa, como o ano de maior número de publicações; essa análise permitiu identificar “[...]lacunas de conhecimento existentes e sugerir pautas para futuras pesquisas sobre o tema de interesse” (FERENHOF; FERNANDES, 2016, p. 560).

Dessa maneira, optou-se por organizar, primeiramente, os artigos por nomes dos autores, seguido do periódico aonde o mesmo está publicado, seus respectivos Qualis CAPES e ano de publicação. Para esta organização, buscou-se separar por período de tempo da publicação, quais sejam: 2019 a 2020 e 2021 a 2023, resultando nos quadros 3 e 4, respectivamente.

Quadro 3 – Organização do portfólio de artigos por nomes dos autores, periódico, Qualis e o período de tempo da publicação correspondente de 2019 a 2020.

<b>Autores</b>	<b>Periódico</b>	<b>Qualis</b>	<b>Período de Publicação</b>
ESCORIHUELA, A.; HERNÁNDEZ, Y.; JUVINAO, D. D. L.	SAPIENTIAE: Revista de Ciências Sociais, Humanas e Engenharias	A3	2019
HENNING, P. C	Educação Temática Digital - ETD	A1	2019
RAMOS, A. S.; FONSECA, P. R. B.; NOGUEIRA, E. M. L.; LIMA, R. A.	Revista Gestão & Sustentabilidade Ambiental – RG&SA	C	2019
SÁ, J. P.; LOPES, B.; MARTINS, I. P.	Revista Lusófona de Educação	A1	2019
TENREIRO-VIEIRA, C.; VIEIRA, R. M.	Revista Indagatio Didactica	A3	2019
ANDRADE, F. M. R.	Arquivos Analíticos de Políticas Educativas	A1	2020
ARTAXO, P.	Estudos Avançados	A1	2020
COSTIN, C.	Estudos Avançados	A1	2020
FAVARIN, R. R.; TRINDADE, N. R.; ÁVILA, L. V.; TREVISAN, M.	Revista Gestão Organizacional - RGO	B1	2020
GALIETA, T.	Revista Ensino, Saúde e Ambiente	B1	2020
KATO, D. S.; KAWASAKI, C. S.; CARVALHO, L. M.	Docência em Ciências - ACTIO	A3	2020
PEZARINI, A. R.; MACIEL, M. D.	Revista de Ensino de Ciências e Matemática - REnciMa	A2	2020

Fonte: Elaborado pelas autoras (2024).

Quadro 4 – Organização do portfólio de artigos por nomes dos autores, periódico, Qualis e o período de tempo da publicação correspondente de 2021 a 2023.

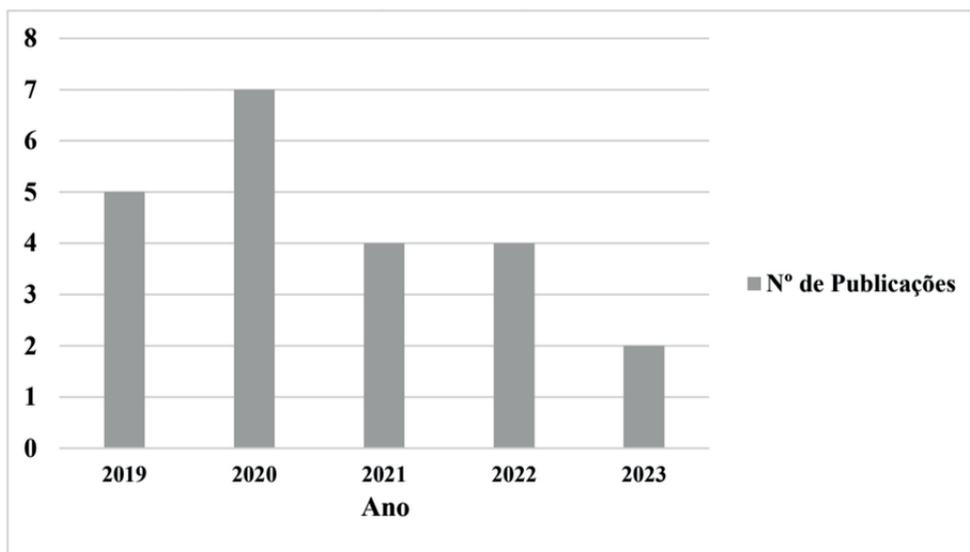
<b>Autores</b>	<b>Periódico</b>	<b>Qualis</b>	<b>Ano de Publicação</b>
ANDRADE, N. P.; PORTELA, F. R.; MATIVI, M.	Cadernos CIMEAC	B1	2021
FLEIG, R.; NASCIMENTO, I. B.; MICHALISZYN, M. S.	Arquivos Analíticos de Políticas Educativas	A1	2021
MARLI HOERNIG, A.; HOERNIG-JUNIOR, B. A.	Revista Angolana de Ciências	-	2021
MORAES, M. C.; PETRAGLIA, I.	Revista Científica - Eccos	A3	2021
ANDRADE, F. G.; SANTOS-JUNIOR, J. M.; NÉPOMUCENO, N. A. S.; VASCONCELOS, A. K. P.	Revista Conexões Ciência e Tecnologia	A2	2022
HENCKE, J.; SILVA, G. R.	Revista Eletrônica do Mestrado em Educação Ambiental - REMEA	A3	2022
HENNING, P. C.; FERRARO, J. L. S.	Ciência & Educação (Bauru)	A1	2022
KMINEK, H.	Perspectiva Revista do Centro de Ciências da Educação	A2	2022
LUZ, R.; SANTANA, U. S.; MORAIS, R. M.	Revista de Iniciação à Docência	B3	2023
CHIRINDZA, A.; LANGA, A. C.; FACELA, G. A.	Revista de Filosofia y Ciencias - PROMETEICA	A4	2023

Fonte: Elaborado pelas autoras (2024).

A partir dos quadros anteriores verificou-se que a maioria das publicações está indexada em periódicos com Qualis A. Foram encontrados 7 (sete) artigos A1, 3 (três) A2, 5 (cinco) A3 e um A4. No estrato B, 3 (três) artigos B1 e um B3. Apenas um artigo está indexado em periódico com Qualis C e um dos artigos não possuía Qualis CAPES. Analisando a qualidade das publicações por Qualis, observou-se que 16 artigos, ou seja, mais da metade das publicações selecionadas, encontram-se vinculadas à revistas avaliadas no estrato A pela CAPES, enquanto as demais publicações acham-se no estrato B, C ou não possuem Qualis, isso pode indicar que a temática abordada nesta RSL apresenta um nível considerável de qualidade e costuma ser encontrada em periódicos bem avaliadas pelos critérios da CAPES.

Na Fase 3 ocorreu a Atividade 7, que consistiu na síntese das demais informações a respeito das publicações encontradas na pesquisa bibliográfica, sendo representadas em formato de gráficos do tipo colunas. Dessa forma, foi possível verificar que o ano de 2020 teve o maior número de publicações com 7 (sete) artigos, seguido de 2019 com 5 (cinco), 2021 e 2022 com 4 (quatro) e 2023 com apenas 2 (duas) publicações, conforme apresentado na Figura 3.

Figura 3 – Síntese do número de publicações por ano.



Fonte: Elaborado pelas autoras (2024).

Com relação ao número de publicações por periódico, verificou-se que a maioria apresentou apenas um artigo, sendo que a Revista Estudos Avançados, vinculada ao Instituto de Estudos Avançados da Universidade de São Paulo (USP) e a Revista Arquivos Analíticos de Políticas Educativas, ligada à Universidade Estadual do Arizona (*Arizona State University*) apresentaram 2 (dois) artigos cada uma nesta RSL.

Foi realizado também o rastreamento das revistas a fim de verificar a sua localização geográfica e com isto analisar as regiões com maiores incidências de periódicos selecionados. O Quadro 5, a seguir, apresenta detalhadamente a síntese do número de publicações por periódico, a instituição na qual o periódico encontra-se vinculado e a localização geográfica de cada revista, indicando a cidade, o estado e o país que o periódico está publicado.

Quadro 5 – Síntese do número de publicações por periódico, a instituição de vínculo do periódico e a localização geográfica do periódico.

<b>Periódico</b>	<b>Nº de Publicações</b>	<b>Instituição de Vínculo</b>	<b>Localização Geográfica (Cidade, Estado e País)</b>
Arquivos Analíticos de Políticas Educativas	2	Universidade Estadual do Arizona - ASU	Tempe, Arizona, Estados Unidos da América
Ciência & Educação (Bauru)	1	Universidade Estadual Paulista - UNESP	São Paulo, São Paulo, Brasil
Educação Temática Digital - ETD	1	Universidade Estadual de Campinas - UNICAMP	Campinas, São Paulo, Brasil
Estudos Avançados	2	Universidade de São Paulo - USP	São Paulo, São Paulo, Brasil
Revista Lusófona de Educação	1	Universidade Lusófona de Humanidades e Tecnologias	Campo Grande, Lisboa, Portugal
Ciência e Tecnologia - Conexões	1	Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Ceará - IFCE	Limoeiro do Norte, Ceará, Brasil
Perspectiva Revista do Centro de Ciências da Educação	1	Universidade Federal de Santa Catarina - UFSC	Florianópolis, Santa Catarina, Brasil
REnCiMa - Revista de Ensino de Ciências e Matemática	1	Universidade Cruzeiro do Sul	Manaus, Amazonas, Brasil
Docência em Ciências - ACTIO	1	Universidade Tecnológica Federal do Paraná	Curitiba, Paraná, Brasil
Eccos Revista Científica	1	Universidade Nove de Julho - Uninove	São Paulo, São Paulo, Brasil
Revista Eletrônica do Mestrado em Educação Ambiental - REMEA	1	Universidade Federal do Rio Grande - FURG	Rio Grande, Rio Grande do Sul, Brasil
Revista Indagatio Didactica	1	Universidade de Aveiro	Aveiro, Sub-região de Aveiro, Portugal
SAPIENTIAE Revista de Ciências Sociais, Humanas e Engenharias	1	Universidade Óscar Ribas	Luanda, Angola
Revista de Filosofia y Ciencias - PROMETEICA	1	Universidade Nacional de Mar del Plata e Universidade Federal de São Paulo	Mar del La Plata, Argentina/São Paulo, Brasil
Cadernos CIMEAC	1	Universidade Federal do Triângulo Mineiro	Uberaba, Minas Gerais, Brasil

Revista Ensino, Saúde e Ambiente	1	Universidade Federal Fluminense	Niterói, Rio de Janeiro, Brasil
Revista Gestão Organizacional - RGO	1	Universidade Comunitária da Região de Chapecó	Chapecó, Santa Catarina, Brasil
Revista de Iniciação à Docência	1	Universidade Estadual do Sudoeste da Bahia	Candeias, Bahia, Brasil
Revista Gestão & Sustentabilidade Ambiental – RG&SA	1	Universidade do Sul de Santa Catarina	Palhoça, Santa Catarina, Brasil
Revista Angolana de Ciências da Saúde	1	Equipa Multidisciplinar de Profissionais de Saúde, Docentes e Investigadores Nacionais da Angola	Huambo, Angola

Fonte: Elaborado pelas autoras (2024).

A Figura 4 ilustra o mapa de localização dos periódicos nacionais e internacionais, bem como o número de artigos encontrados em cada um deles.

Figura 4 – Síntese do número de periódicos nacionais e internacionais e seus respectivos países de localização.



Fonte: Elaborado pelas autoras (2024). \*Identificou-se a Revista de Filosofia y Ciencias – PROMETEICA vinculada à Universidade Nacional de Mar del Plata (Argentina) e editada no Brasil pela Universidade Federal de São Paulo (UNIFESP).

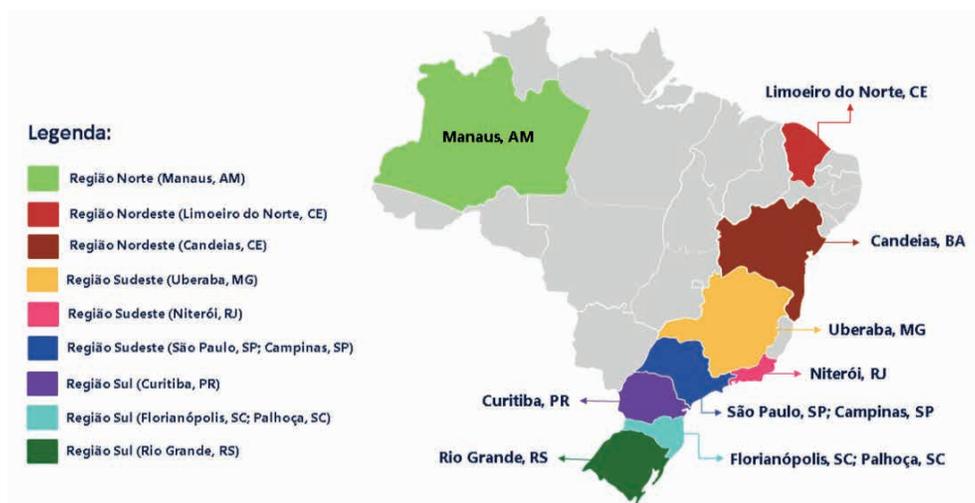
Dessa forma, percebeu-se que a maioria dos artigos está publicado em periódicos nacionais, seguidos das revistas internacionais. No que diz respeito aos periódicos internacionais, somaram-se 5 (cinco), sendo 2 (dois) localizados em Angola, 2 (dois) em Portugal, um na Argentina (a Revista de Filosofia y Ciencias – PROMETEICA, editada em parceria com a Universidade Federal de São Paulo) e um nos Estados Unidos da América. Estas revistas, em sua maioria, estão avaliadas com Qualis A pela CAPES.

No Brasil, o destaque foi para as regiões sul e sudeste com 4 (quatro) cidades e 3 (três) estados representados em cada uma, especialmente o estado de São Paulo que

aparece com 5 (cinco) revistas, sendo uma delas a Estudos Avançados, vinculada à USP, já mencionada nos parágrafos anteriores. Em seguida, aparecem o nordeste, com 2 (duas) cidades e 2 (dois) estados, e o norte do país, sendo representado pela cidade da Manaus, capital do Amazonas.

A Figura 5 sintetiza a localização das regiões, estados e municípios dos periódicos nacionais encontrados durante a pesquisa bibliográfica.

Figura 5 – Síntese da localização das regiões, estados e municípios dos periódicos nacionais encontrados durante a pesquisa bibliográfica.



Fonte: Elaborado pelas autoras (2024).

Os dados representados na figura anterior evidenciam a escassez de periódicos nas regiões norte e nordeste do Brasil, bem como uma maior quantidade de revistas situadas nas regiões sul e sudeste, demonstrando possíveis preferências de autores que abordam a presente temática levantada nesta RSL em revistas localizadas nessas regiões, ou ainda a carência de periódicos de alto impacto nas regiões consideradas periféricas do país, como é o caso do norte e nordeste. Tais informações reforçam a ideia de que o portfólio de artigos desta RSL está publicado em revistas de referência cujo escopo enfatizam as humanidades, com destaque para a interdisciplinaridade, estando presentes dentro e fora do Brasil.

Com a finalização da Atividade 7, iniciou-se a última fase do método SSF, a Fase 4, com a Atividade 8, que incidiu na escrita deste artigo. Nessa fase foram compiladas todas as informações abordadas pelos artigos e relacionadas com a temática da pesquisa, qual seja: “Educação Científica para o Desenvolvimento Sustentável”. Assim, nas próximas seções são explicitadas as proposições teóricas a respeito da ampliação do conceito de Educação Científica para o Desenvolvimento Sustentável no contexto das Mudanças Climáticas Globais, tema central deste estudo bibliográfico.

### **3. REVISÃO SISTEMÁTICA DE LITERATURA EM EDUCAÇÃO CIENTÍFICA PARA O DESENVOLVIMENTO SUSTENTÁVEL**

Após a leitura minuciosa do material criteriosamente selecionado para compor essa RSL, optou-se por dividir os resultados encontrados em três subseções, quais sejam: 1) Breve histórico do surgimento dos termos Educação Ambiental (EA) e Educação para o Desenvolvimento Sustentável (EDS): a polêmica sobre a utilização dos termos; 2) A ciência na era da pós-modernidade: a Educação Científica como ferramenta de transformação social; e 3) A decadência do modelo de Educação Científica brasileira e a urgência de práticas educacionais exequíveis frente à realidade.

#### **3.1 Breve Histórico do surgimento dos termos Educação Ambiental (EA) e Educação para o Desenvolvimento Sustentável (EDS): a polêmica sobre a utilização dos termos**

Com o fim da Segunda Guerra Mundial o continente europeu testemunhou diversas mudanças no que diz respeito às questões ambientais, advindas da Primeira Revolução Industrial. A década de 1960 é conhecidamente o marco temporal para o início das primeiras manifestações da crise ambiental e dos debates sobre a necessidade de proteger o meio ambiente natural (HENNING, 2019).

Pode-se considerar que o termo Educação Ambiental tenha surgido a partir da Conferência das Nações Unidas sobre o Homem e o Meio Ambiente, realizada em Estocolmo, na Suécia, em junho de 1972. Este encontro teve como resultado a criação do Programa das Nações Unidas para o Meio Ambiente (PNUMA), sediado em Nairobi, capital do Quênia, que se destinava a elaborar diretrizes e orientações para a educação voltada ao compromisso socioambiental (ESCORIHUELA; HERNÁNDEZ; JUVINAO, 2019).

No Brasil, a EA passou a ser pauta na Conferência das Nações Unidas sobre Meio Ambiente e Desenvolvimento (Eco-92 ou Rio-92), realizada em 1992, na cidade do Rio de Janeiro, a qual culminou na elaboração de um plano de ação global denominado de Agenda 21<sup>2</sup>, tendo como objetivo incentivar ações governamentais em prol de mudanças no padrão de desenvolvimento para o século XXI (COSTIN, 2020).

A Eco-92 impulsionou as discussões sobre a implementação da EA no currículo escolar brasileiro de forma transversal e interdisciplinar com vistas a garantir um ensino alinhado com os princípios da Sustentabilidade. A partir do mesmo ano, o Brasil passou a aprovar uma série de normativas que iriam consolidar a EA como uma política pública educacional, a mais expressiva delas foi a promulgação da Lei 9.795/99, que instituiu a Política Nacional da Educação Ambiental (PNEA), tornando obrigatória a EA na educação brasileira (HENNING, 2019).

---

2. A Agenda 21 pode ser considerada um plano global de cooperação assinado por 179 participantes da Rio-92 e teve como objetivo a construção de sociedades sustentáveis, as quais deveriam conciliar instrumentos de proteção ambiental, justiça social e eficiência econômica.

No entanto, até o ano de 2002, as contribuições efetivas da EA ainda não haviam sido concretizadas, situação constatada durante a Cúpula Mundial do Desenvolvimento Sustentável (Rio+10). Em 2012, novamente no Rio de Janeiro, a Rio+20 apresentou um relatório desanimador com relação às críticas feitas pela Rio-92 ao modelo de desenvolvimento econômico das nações mundiais, propondo uma mudança de paradigma denominado de “Economia Verde”, que buscava novas formas de relações internacionais com base na minimização dos riscos ambientais e redução da pobreza social (HENNING, 2019).

Nesse momento, inicia-se o debate sobre a eficácia da EA como estratégia educativa, dado o cenário alarmante da crise socioambiental já instalada. Diante desse panorama, um novo modelo pedagógico foi proposto pela Organização das Nações Unidas, denominado “Educação para o Desenvolvimento Sustentável (EDS)”, buscando agrupar temáticas sobre a educação, as problemáticas socioambientais e o desenvolvimento sustentável (HENCKE; SILVA, 2022). A EDS encontrou sua representatividade no cenário internacional, porém sua implementação veio acompanhada de resistência por parte dos defensores da EA, que entendem ser aquela uma tática desenvolvimentista neoliberal com uma tentativa de reconciliação entre dois elementos incompatíveis: o crescimento econômico e a preservação do meio ambiente (HENCKE; SILVA, 2022; HENNING, 2019).

Na lógica de seus opositores, a EDS constitui um discurso contemporâneo de organizações como a ONU, a UNESCO e o PNUMA para “vender” o modelo de desenvolvimento capitalista mascarado de desenvolvimento sustentável (HENCKE; SILVA, 2022). Como assegura Henning (2019, p. 683):

Esse esmaecimento da EA não se dá sem lutas, encontros, relações de poder que se atravessam no campo teórico e político. No Brasil, por exemplo, há uma forte discussão acadêmica a respeito da chegada da EDS. Pesquisadores renomados e mais de vanguarda da EA se posicionam radicalmente contra a proposta da UNESCO e vem desenvolvendo estudos que tensionam os modos ideológicos, neoliberais e capitalistas que compõem a agenda internacional.

Nesse processo de disputas pela legitimidade dos termos, uma constatação merece ser feita: a de que embates acadêmicos não trazem consigo vantagens ao que realmente interessa ao planeta, pelo contrário, muitas vezes distanciam-se daquilo que a educação é capaz de tornar palpável frente às urgentes demandas da vida moderna. Ademais, não se pode negar o fracasso da EA após décadas de tentativas de superação das relações de saber-poder configuradas nas tratativas internacionais a respeito das questões ambientais, seja por “reles” inocência de acreditar em mudanças de paradigma socioeconômico das nações, o que não se faz com uma ruptura abrupta do modelo econômico que sustenta a atual economia mundial, seja pelas dificuldades impostas à sua concretização devido às desiguais realidades vivenciadas nos diferentes territórios pelo mundo.

Prova disso foi o malsucedido Programa Internacional de Educação Ambiental (PIEA), iniciado em 1975. De acordo com Escorihuela, Hernández e Juvinao (2019), os desafios para a consolidação do PIEA não foram meros equívocos nos fundamentos teóricos das abordagens de ensino da EA, pois o mesmo possuía base teórica bem fundamentada e comprometida em elaborar soluções para os problemas relacionados ao modelo desenvolvimentista exploratório. Por trás do seu fracasso, incidiu na burocracia ineficiente e nas dificuldades de inserção da temática ambiental nas práticas pedagógicas das instituições de ensino (ESCORIHUELA; HERNÁNDEZ; JUVINAO, 2019; FLEIG; NASCIMENTO; MICHALISZYN, 2021).

Baseado nisso, as proposições teóricas do presente estudo buscam ampliar a compreensão da EDS incorporando a ela uma dimensão decisiva na luta contra as mazelas socioambientais vivenciadas nesse tempo, a denominar-se de Educação Científica para o Desenvolvimento Sustentável (ECDS). Nas próximas seções justifica-se essa incorporação, complementando o discurso de que uma nação só contribuirá com a conservação ambiental e, dessa forma, com a vida no planeta, quando possuir uma Educação Científica consolidada desde a formação escolar básica.

### **3.2 A ciência na era da pós-modernidade: a Educação Científica como ferramenta de transformação socioambiental**

Nas últimas décadas do século XXI as pesquisas científicas têm enfatizado que o planeta vivencia pelo menos três grandes crises simultâneas profundamente interligadas, são elas: o colapso na saúde, a perda da sociobiodiversidade e a crise climática (ARTAXO, 2020). Apesar disso, os governos estão constantemente tomando decisões que vão de encontro às recomendações da ciência. Conforme Artaxo (2020), está evidenciado que as nações ditas desenvolvidas não estão realmente dispostas a combater a crise civilizatória que ameaça a vida na Terra, pois isso implicaria em uma reviravolta nas forças de produção econômicas que até então se baseia, em grande parte, na exploração dos recursos naturais.

Esse fato ficou explícito durante a pandemia da COVID-19, ao desvelar o quanto o mundo não está preparado para lidar com as consequências desastrosas das alterações climáticas, uma vez que os recursos provenientes do limitado “Capital da Natureza” são facilmente alocados para a produção de armas nucleares e maquinarias de guerra, enquanto um vírus com alguns poucos nanômetros se torna capaz de matar centenas de vidas em um curto espaço de tempo (ARTAXO, 2020; COSTIN, 2020; SACHS, 2002).

Mas, o que isso tem a ver com a ciência? Tudo! As prioridades das grandes potências econômicas mundiais não se concentram em preparar os indivíduos por meio de uma educação para o futuro, formando uma base científica sólida da qual se possa direcionar esforços e novas tecnologias suficientemente eficazes para propiciar o bem viver para esta

e para as futuras gerações. Preocupa-se, na verdade, com uma nova ordem mundial, por meio de novas e sofisticadas corridas espaciais e comerciais, à procura de hegemonia e poder, enquanto o planeta sucumbe em meio às consequências do seu superaquecimento.

A evidências científicas alertam para a imprescindível necessidade de transição do perfil de desenvolvimento econômico atual para um modelo sustentável, no qual a biodiversidade seja o componente central de preservação (ARTAXO, 2020; COSTIN, 2020; SACHS, 2002). Contudo, qual modelo econômico seria possível diante das tendências e interesses do mercado vigente? Quais perfis de mão de obra esse novo modelo requereria? Como educar para o compromisso socioambiental se o modelo de vida ainda é pautado no capital da natureza? Como debater sobre Educação Científica em um país como o Brasil, que ainda nem conseguiu universalizar o acesso das crianças e jovens à educação básica?

Essas questões estão mais interligadas do que se imagina, primeiramente porque o currículo escolar é atravessado pela lógica cultural neoliberal e, portanto, de mercado, preparando o educando para atuar na sociedade do consumo, em um dado momento histórico. Como afirmam Hencke e Silva (2022, p. 79):

No limiar do projeto da modernidade, o currículo se apresenta como o centro do processo educacional e atravessa uma porção da cultura traduzida em conteúdos e práticas relevantes a um determinado período histórico. Imerso em uma lógica capitalista e neoliberal, o currículo garante a assimetria dos conhecimentos e, assim, promove a lógica das desigualdades, da exclusão, da concorrência e da discriminação – e a escolarização torna-se mercadoria.

As tendências mundiais, quais sejam: automação, robotização aceleradas, inteligência artificial, entre outras, já exigem uma transformação emergencial na educação contemporânea, uma vez que incorporam novos postos de trabalho, os quais requerem indivíduos com habilidades e competências específicas, inclusive de “redução da destruição de recursos naturais ao possibilitar processos de trabalho menos geradores de desperdícios ou de emissões” (COSTIN, 2020, p. 43).

Nesse sentido, formar indivíduos com estilos de vida mais sustentáveis exige conceber um currículo mais flexível, que se aproxime da realidade do educando, diminuindo a distância em teoria e prática e promovendo o pensamento crítico e reflexivo (HENCKE; SILVA, 2022). Mas só isso não será o bastante, pois o Brasil está quase meio século atrasado, ainda tentando consolidar uma educação para o século XX, enquanto as demandas próprias do século XXI emergem todos os dias com novas urgências a serem supridas ou solucionadas (COSTIN, 2020).

Assim, passa-se à próxima seção deste trabalho, a qual enfatizará a importância de tornar o método científico acessível a todos e todas a partir da formação escolar básica.

### 3.3 A decadência do modelo científico brasileiro e a urgência de práticas educacionais exequíveis frente à realidade

A urgência da transformação na educação brasileira não é mais uma questão apenas de alteração das estatísticas de desempenho dos estudantes que estão entre os piores índices do mundo, o que se torna cada vez mais desanimador. A concepção primária de mudança do cenário educacional ao que se espere contribuir no combate às alterações provocadas pelas MCG reside em propiciar uma Educação Científica de qualidade desde os primeiros anos de formação escolar (SCHWARTZMAN; CHRISTOPHE, 2009).

Essa concepção incide em tornar-se capaz de entender a dimensão das problemáticas socioambientais a partir de dados baseados em evidências científicas. O processo transformador de incorporação dos conhecimentos científicos no cotidiano dos jovens estudantes encontra inúmeros obstáculos para sua efetivação, tais como a influência dos aspectos culturais, como os anticientíficos, a falta de promoção de políticas públicas, a necessária contribuição da iniciativa privada, entre outros.

Apesar de muitas iniciativas de instituições de ensino serem extremamente válidas nesse sentido, elas não têm sido suficientes para apresentar soluções concretas frente à realidade. Fala-se em um aprofundamento dos ensinamentos científicos para as futuras gerações de cidadãos que terão que lidar cotidianamente com questões mais complexas da vida moderna, àquelas que envolvem as MCG, nas quais a educação científica desde a base da formação escolar pode fornecer ferramentas singulares de entendimento do seu papel na transformação planetária.

Vive-se uma nova era geológica, o Antropoceno, na qual as ações humanas tomaram tal proporção ao ponto de mudar radicalmente as condições de vida no planeta (ARTAXO, 2020; CARRUTHERS, 2019; CRUTZEN, 2016). Contudo, ainda existem seres humanos que discordam desse entendimento, o que parece ser conveniente, afinal, se os problemas socioambientais decorrentes do aquecimento global não lhes afligem, não existirá a necessidade de combatê-los ou de investir recursos em prol de solucioná-los.

Ao mesmo tempo que o Antropoceno caminha para sua autoafirmação, cresce o número de indivíduos adeptos ao movimento Anticiência (ARTAXO, 2020). Nesse contraponto, anuncia-se que o ensino de ciências necessita ser reajustado radicalmente ao que represente uma Educação Científica compatível com os desafios da modernidade. Vê-se, então, que o Letramento Científico, seja primordial ao cumprimento de resistência ao anticientificismo. Como defendem Pereira e Gurgel (2020, p. 1278):

Defendemos que os conteúdos metacientíficos que dão forma às abordagens histórico-filosóficas no ensino precisam sofrer atualizações que façam frente aos desafios políticos, sociais e educacionais impostos pelos nossos tempos, nos quais movimentos anticientíficos e discursos exageradamente relativistas ganham força.

Nas palavras dos autores supracitados, torna-se cada vez mais perigoso reduzir o ensino de ciências a um simples “positivismo ingênuo”, enquanto cresce o número de adeptos aos movimentos Anticiência (PEREIRA; GURGEL, 2020, p. 1280). Dessa forma, o desafio que se apresenta ao ensino de ciências situa-se, sobretudo, em equilibrar-se entre a não relativização do conhecimento científico e a supervalorização das virtudes da ciência diante dos tempos atuais que envolve, entre outros fenômenos, a expansão das *fake news* vinculadas à descredibilização exagerada da ciência moderna.

Tomando esta realidade como base, tem-se a afirmação científica de que os eventos climáticos extremos já afligem a humanidade e estão, sobremaneira, relacionados às MCG. Entretanto, muitas pessoas não dão a menor importância. Da mesma forma, como aconteceu durante o período da pandemia e pós-pandemia da COVID-19, em que uma grande parte de indivíduos desqualificava as recomendações científicas sobre as vacinas, o isolamento e o distanciamento social, o uso de máscaras, entre outras, pois não acreditava no que as autoridades sanitárias afirmavam sobre esta emergência em saúde pública.

Conforme Pereira e Gurgel (2020), existem implicações na Educação Científica quando o ensino de ciências, proporcionado a um povo, acontece de forma descomprometida com o cenário político e cultural que o envolve. As crises emergentes desse tempo forçam a humanidade a tratar com seriedade a desvalorização exacerbada dirigida ao conhecimento científico. Não negligenciar essa realidade torna-se o primeiro passo para a mudança de postura frente ao comportamento dos seres humanos com relação ao meio ambiente natural.

Assim, a principal pretensão desta RSL é estabelecer esse elo entre a tão necessária reinvenção do ensino de ciências com as temáticas socioambientais da atualidade. Partindo-se do que a UNESCO propõe na Agenda 2030, nomeadamente a abordagem da EDS, mas agora aliada à imprescindível Educação Científica. Pode-se vislumbrar não encerrar o debate sobre o uso de termos atribuídos às intenções de transformação socioambiental por meio da Educação, como é o caso da EA e da EDS, mas acima de tudo somar esforços para uma nova concepção de ensino que une o campo educacional ao científico e, ao mesmo tempo, se alinha às demandas de novas capacidades ligadas às questões climáticas.

Logo, incorporar a dimensão científica na EDS implica em reformular os aspectos científicos e somá-los à corrente de contribuições do cenário de transformação global almejado pela Agenda 2030 da ONU. Assim, a Educação Científica para o Desenvolvimento Sustentável pressupõe uma formação humana integral e primordial ao enfrentamento das MCG.

Todavia, o desafio primal que se impõe a esta nova concepção filia-se majoritariamente à governança, posto que uma incisiva inclusão desse novo projeto de ensino científico às instituições constitui-se um processo costumeiramente dispendioso, mas, sobretudo necessário. Nesse sentido, Costin (2020, p. 45) afirma que “[...]formar cidadãos globais

capazes de enxergar a humanidade no outro, num processo empático, e não destruir os recursos do planeta num ‘consumerismo’ desenfreado e apoiado em teorias anticientíficas é, neste século, um papel fundamental da escola”.

Diante disso, constata-se que não se trata de elaborar projetos escolares ou universitários de um ano ou dois, nos quais a participação seja condicionada a receber algum benefício, seja na forma de nota nas disciplinas científicas, seja recompensa em pecúnia, ou seja até mesmo com uma genuína intenção temporária de se tornar um agente multiplicador de atitudes resilientes com relação à natureza. Acenar a um intenso investimento em letramento científico pós-modernidade vai além disso, significa modificar não só os currículos, mas também a concepção de ensinar ciências como forma de resistência e, sobretudo, de sobrevivência.

No entanto, como concretizar esse grande feito diante do cenário de crise global? Ora, quando se entende o processo de poluição ambiental e do aquecimento global e, principalmente, entende-se que não se pode mais conceber o ser humano como algo à parte da natureza, espera-se que este também se coloque como parte das soluções para o problema. Contudo, isso não ocorre, não por falta de vontade e interesse, mas por falta de um *continuum* ou sinergia social.

Afinal, o que deve pairar na cabeça da criança ou do jovem é: se eu parar de usar plástico estarei contribuindo efetivamente para a reversão do fenômeno da poluição dos ambientes. Mas quando, por exemplo, vai ao comércio comprar alimentos e lá praticamente todos os utensílios são vendidos em material plástico, ele vai deixar de comprar porque decidiu ter atitudes mais sustentáveis? Com o mesmo raciocínio, se quando os mais pobres concluem o ensino médio e conseguem uma oportunidade de emprego em uma distribuidora de bebidas, a qual utiliza-se de garrafas em material plástico como embalagem de seu produto, ele vai recusar-se a aceitar o emprego porque decidiu que não deve apoiar empresas geradoras de resíduos?

Não precisa de muita imaginação para supor as respostas a estas questões, pois a maior parte da população mundial não tem escolha, a não ser seguir o padrão de vida que lhes é imposto. Todavia, se as instituições de ensino existissem com intuito não apenas de formar cidadão reflexivos, mas também de capacitar agentes ativos capazes de formular novos conhecimentos científicos a partir de um currículo que promovesse a criatividade científica dos educandos?

Se estes educandos aprendessem a desenvolver novos métodos de substituição ou de transformação do plástico nas aulas de ciências? Se nessas aulas os alunos fossem convidados a elaborar estratégias para a transformação de gases menos poluentes do que os do efeito estufa? Se fossem provocados a formular novas ideias de transformação de resíduos sólidos em novos materiais úteis à sociedade? A ciência ensinada nas escolas, nos institutos e nas universidades está presa aos ditames de um currículo ultrapassado.

Não se pode mais esperar que a EA ou a EDS sejam capazes de lidar com questões tão complexas, como o ponto de não retorno ambiental.

Assim, a ECDS se apresenta como uma alternativa no jogo de interesses pela legitimidade de termos no campo da educação socioambiental, não de forma pretenciosa ou utópica, como já mencionado anteriormente, mas com a ambição de mudança concreta e necessária. É nesse contraponto que a ECDS se diferencia das demais propostas de ações em prol da reeducação científica, partindo de uma estrutura que une os problemas sociais de um dado grupo populacional com a interlocução entre a Educação Científica de pelo menos três tipos de atores sociais: a Universidade, a Escola e a Comunidade.

A interlocução Universidade-Escola-Comunidade proposta neste texto como a ferramenta basilar da ECDS busca incorporar as habilidades das populações dos territórios em que as instituições de ensino estão inseridas a fim de conceber o processo de produção e compartilhamento de conhecimento. De tal modo, que a educação científica proporcionada aos participantes dessa dinâmica não pretende constituir-se presunçosa, mas aberta a performar-se juntamente com aqueles que pretendem enxergá-la como instrumento transformador da realidade em que se encontram.

#### **4. CONSIDERAÇÕES FINAIS**

A presente pesquisa bibliográfica buscou relacionar o campo de conhecimento das ciências ambientais, nomeadamente o campo teórico que se dedica às discussões sobre o problemáticas socioambientais decorrentes das Mudanças Climáticas Globais, ao letramento científico proporcionado desde a formação escolar básica até o ensino superior.

Discutiu-se de forma mais específica a importância da Educação Científica como ferramenta contribuinte no combate às mazelas decorrentes das MCG, bem como necessárias mudanças nos campos teórico e político educacional do ensino de ciências, frente às urgentes demandas da vida moderna. Recomendou-se a incorporação da dimensão científica na Educação para o Desenvolvimento Sustentável, implicando em uma Educação Científica para o Desenvolvimento Sustentável, reformulando, assim, os aspectos científicos e somando-os à corrente de contribuições do cenário de transformação global, almejado pela Agenda 2030 da ONU.

Apontou-se como justificativa dessa incorporação o crescimento descomunal no número de adeptos aos movimentos Anticiência, o que acarreta implicações na Educação Científica nacional e internacional. Relacionou-se esse fenômeno com as temáticas socioambientais da atualidade, trazendo consigo um raciocínio de que a desvalorização exacerbada dirigida ao conhecimento científico, reforça um tratamento de menosprezo também às nuances da crise civilizatória.

A partir da análise dos artigos levantados nesta RSL, foi possível verificar que não existe na literatura científica pesquisada uma proposta similar que busque unir estas três dimensões, quais sejam: letramento científico na universidade, na escola e na comunidade, contemplando temáticas das ciências ambientais tão necessárias na atualidade. As informações contidas nos artigos apontam para uma disputa de terminologias entre a Educação Ambiental e a Educação para o Desenvolvimento Sustentável, um embate que tem se arrastado por décadas sem trazer benefícios para solucionar os problemas socioambientais contemporâneos.

Isso posto, aposta-se no letramento científico, sendo enraizado nesta e nas futuras gerações como fruto de uma formação humana integral, primordialmente associada ao enfrentamento das MCG. Para tanto, se requer uma governança de processos costumeiramente dispendiosos, mas, necessário à resistência e, sobretudo, de sobrevivência da humanidade e do planeta.

## REFERÊNCIAS

ARTAXO, P. As três emergências que nossa sociedade enfrenta: saúde, biodiversidade e mudanças climáticas. **Estudos Avançados**, v. 34, n. 100, p. 53–66, 1 jan. 2020.

BRASIL. Constituição Federal de 1988. **Artigo 205**. 1988. Disponível em: <<http://portal.mec.gov.br/seesp/arquivos/pdf/constituicao.pdf>>. Acesso em: 21 fev. 2024.

BRASILEIRO, T.; NEVES, J. d'A.V.; SILVA, A. L. M.; CALIXTO, H. R. S. Ensino remoto e orientação de TCC em tempos de COVID-19: desafios da formação humanizada do educador amazônida. **Revista Educar Mais**, v. 5, n. 1, p. 65–82, 5 jan. 2021.

BRASIL. Ministério da Educação. **Programa Internacional de Avaliação de Estudantes (PISA)**. 2022. Disponível em: <[https://download.inep.gov.br/acoes\\_internacionais/pisa/resultados/2022/apresentacao\\_pisa\\_2022\\_brazil.pdf](https://download.inep.gov.br/acoes_internacionais/pisa/resultados/2022/apresentacao_pisa_2022_brazil.pdf)>. Acesso em: 21 fev. 2024.

BRASIL. Ministério da Educação. **Sistema de Avaliação da Educação Básica - SAEB**. Brasília, 16 de setembro de 2022. Disponível em: <[https://download.inep.gov.br/saeb/resultados/apresentacao\\_saeb\\_2021.pdf](https://download.inep.gov.br/saeb/resultados/apresentacao_saeb_2021.pdf)>. Acesso em: 21 fev. 2024.

CARRUTHERS, J. O Antropoceno. **South African Journal of Science**, v. 115, n. 7–8, 2019.

COSTIN, C. Educar para um future mais sustentável e inclusivo. **Estudos Avançados**, v. 34, n. 100, p. 43–51, 1 jan. 2020.

CRUTZEN, P. J. Geology of mankind. **Nature**, v. 3, n. 415, p. 6867, Jan 23, 2002.

CUNHA, R. B. Alfabetização científica ou letramento científico?: interesses envolvidos nas interpretações da noção de scientific literacy. **Revista Brasileira de Educação**, v. 22, n. 68, p. 169–186, 2017.

ESCORIHUELA, A.; HERNÁNDEZ, Y.; JUVINAO, D. D. L. Uma encruzilhada gerencial: educação ambiental vs. Educação para o desenvolvimento sustentável. **SAPIENTIAE: Journal of Social, Human and Engineering Sciences**, v. 4, 2019.

- FERENHOF, H. A.; FERNANDES, R. F. Desmistificando a Revisão de Literatura como base para redação científica: Método SSF. **Revista ACB: Biblioteconomia em Santa Catarina**, v. 21, n. 3, p. 550–563, 2016.
- FLEIG, R.; NASCIMENTO, I. B.; MICHALISZYN, M. S. Sustainable development and higher education institutions: A challenge to fulfill. **Education Policy Analysis Archives**, v. 29, p. 1–22, 2021.
- FREIRE, Paulo. **Pedagogia da Autonomia: saberes necessários à prática educativa**. São Paulo: Paz e Terra-Coleção Leitura, 1996.
- HENCKE, J.; SILVA, G. Educação para o Desenvolvimento Sustentável x Educação Ambiental: atravessamentos sob a óptica da “ciência maior”. **Revista Eletrônica do Mestrado em Educação Ambiental**, v. 39, n. 1, p. 73–93, 2022.
- HENNING, P. C. Verdades educacionais no Brasil e na Espanha. **ETD - Educação Temática Digital**, v. 21, n. 3, p. 674–694, 26 jun. 2019.
- IBLC. Instituto Brasileiro de Letramento Científico. **ILC - Indicador de Letramento Científico Sumário executivo de resultados**. 2018. Disponível em: <<http://iblc.org.br/wp-content/uploads/2018/01/1-relatorio-executivo-ilc-fcc.pdf>>. Acesso em: 19 set. 2023.
- IPCC. Painel Intergovernamental sobre Mudanças Climáticas. **Mudanças Climáticas: veja 5 grandes resultados do relatório do IPCC**. 2021. Disponível em: <[https://www.wribrasil.org.br/noticias/mudancas-climaticas-alarmanes-veja-5-grandes-resultados-do-relatorio-do-ipcc?gclid=CjwKCAiAu5agBhBzEiwAdiR5tJpWhFB2cbMKo-dHtCm3rIR8BfRWCvMDt\\_5AoR85uzTvF7Mjikd7hoCv7UQAvD\\_BwE](https://www.wribrasil.org.br/noticias/mudancas-climaticas-alarmanes-veja-5-grandes-resultados-do-relatorio-do-ipcc?gclid=CjwKCAiAu5agBhBzEiwAdiR5tJpWhFB2cbMKo-dHtCm3rIR8BfRWCvMDt_5AoR85uzTvF7Mjikd7hoCv7UQAvD_BwE)>. Acesso em: 22 fev. 2023.
- MURI, Andriele Ferreira. **Letramento Científico no Brasil e no Japão a partir dos resultados do PISA**. 238f. 2017. Tese (Doutorado em Educação) - Programa de Pós-graduação em Educação do Departamento de Educação do Centro de Teologia e Ciências Humanas da PUC-Rio, Rio de Janeiro, abril de 2017.
- OCDE. Organização para a Cooperação e Desenvolvimento Econômico. Notas sobre o país. **Programa Internacional de Avaliação de Estudantes (PISA): Resultados do PISA 2018**. 2018. Disponível em: <<https://www.gov.br/inep/pt-br/areas-de-atuacao/avaliacao-e-exames-educacionais/pisa>>. Acesso em: 19 out. 2021.
- OCDE. Organização para a Cooperação e Desenvolvimento Econômico. **Programa Internacional de Avaliação de Estudantes. PISA 2022: Resultados**. Disponível em: <<https://www.gov.br/inep/pt-br/areas-de-atuacao/avaliacao-e-exames-educacionais/pisa>>. Acesso em: 19 fev. 2024.
- ONU. Organização das Nações Unidas. **Transformando o nosso mundo: Agenda 2030 para o Desenvolvimento Sustentável**. 2015. Disponível em: <<https://brasil.un.org/sites/default/files/2020-09/agenda2030-pt-br.pdf>>. Acesso em: 21 fev. 2023.
- PEREIRA, F. P. C.; GURGEL, I. O ensino da Natureza da Ciência como forma de resistência aos movimentos Anticiência: o realismo estrutural como contraponto ao relativismo epistêmico. **Caderno Brasileiro de Ensino de Física**, v. 37, n. 3, p. 1278–1319, 16 dez. 2020.
- SACHS, Ignacy. **Caminhos para o Desenvolvimento Sustentável**. 4. ed. STROCH, Paula Yone (Org.). Rio de Janeiro: Garamond, 2002.

SCHWARTZMAN, S.; CHRISTOPHE, M. **A educação em ciências no Brasil**. Instituto do Estudo do Trabalho e Sociedade. Academia Brasileira de Ciências, 2009. Disponível em: <<https://www.abc.org.br/IMG/pdf/doc-210.pdf>>. Acesso em: 21 fev. 2023.

UNESCO. Organização das Nações Unidas para a Educação, a Ciência e a Cultura. **Educação para os Objetivos de Desenvolvimento Sustentável**: objetivos de aprendizagem. França: UNESCO, 2017. Disponível em: <<https://unesdoc.unesco.org/ark:/48223/pf0000252197>>. Acesso em: 21 fev. 2023.

# A IMPORTÂNCIA DO MÉTODO DE ANÁLISE DE DECISÕES JUDICIAIS NAS PESQUISAS SOBRE PROPRIEDADE COLETIVA QUILOMBOLA

*Data de aceite: 02/10/2024*

### **Renata Priscila Benevides de Sousa**

Universidade Federal do Oeste do Pará  
(UFOPA)  
Santarém-Pará

CV: <http://lattes.cnpq.br/0203560422163257>  
ORCID: 0000-0001-5196-4836

### **Ednea do Nascimento Carvalho**

Universidade Federal do Oeste do Pará  
(UFOPA)  
Santarém-Pará

CV: <http://lattes.cnpq.br/7125890853681726>  
ORCID: 0000-0003-2366-1955

### **Jarsen Luis Castro Guimarães**

Universidade Federal do Oeste do Pará  
(UFOPA)  
Santarém-Pará

CV: <http://lattes.cnpq.br/2403664119078137>  
ORCID: 0000-0003-3102-3099

**RESUMO:** A definição do objeto de pesquisa a partir das decisões judiciais, permite analisar a fundamentação e efetividade de seus elementos, com categorias jurídicas consolidadas ou conflituosas. A propriedade coletiva e o reconhecimento dos direitos territoriais quilombolas, constitucionalmente garantidos, é um campo aberto com demandas que não se encerram com o

justo título emitido pelo Estado. A luta para uma efetiva garantia de direitos territoriais e de propriedade quilombola é arena de debate nas comunidades, associações, palanques e tribunais. O método de análise de decisões judiciais reconhecido como válvula propulsora do avanço das pesquisas empíricas no Brasil reflete uma importância prática e crescente, que merece validação para além das ciências jurídicas e oportunizará o caminho da pesquisa sobre propriedade coletiva quilombola.

**PALAVRAS-CHAVE:** Propriedade; Quilombolas; Método; Decisão Judicial; TRF-1.

### THE IMPORTANCE OF THE METHOD OF ANALYSIS OF JUDICIAL DECISIONS IN RESEARCH ON QUILOMBOLA COLLECTIVE PROPERTY

**ABSTRACT:** Defining the object of research based on court decisions allows us to analyze the reasoning and effectiveness of its elements, with consolidated or conflicting legal categories. Collective ownership and the recognition of quilombola territorial rights, constitutionally guaranteed, is an open field with demands that do not end with the just title issued by the state. The struggle

for an effective guarantee of quilombola territorial and property rights is an arena for debate in communities, associations, platforms and courts. The method of analyzing court decisions, which has been recognized as a driving force behind the advancement of empirical research in Brazil, reflects a practical and growing **importance** that deserves validation beyond the legal sciences and will provide opportunities for research into quilombola collective property.

**KEYWORDS:** Property; Quilombolas; Method; Judicial decision; TRF-1.

## 1. INTRODUÇÃO

A importância das decisões judiciais como método de pesquisa é um desafio a ser vencido, com dificuldades impostas tanto pela linguagem, quanto pelo rompimento de categorias jurídicas, por vezes, consolidadas, como por exemplo, o direito de propriedade que fomenta embates calorosos diante do reconhecimento dos direitos territoriais quilombolas.

O direito de propriedade é uma tutela fundamental do Estado, uma liberdade individual garantida a todos. Nesse sentido, o texto constitucional garante a defesa dos direitos quilombolas, sendo reconhecida a constitucionalidade do Decreto nº 4.887/2003, com reflexos no plano social e jurídico às múltiplas africanidades constituídas em territórios, com construção identitária real e valores compartilhados (WOLKMER, 2016; WALKER, 2001).

A consolidação do território quilombola confere um sentimento de pertencimento ao grupo, com poder de autodeterminação frente ao poder de atribuição de reconhecimento identitário e territorial atribuído ao Estado (ARRUTI, 2008, p. 316).

A aplicação desse reconhecimento é complexa e reflete um longo caminho, ainda a ser percorrido, pela efetivação de direitos, pois, o arcabouço normativo sobre o tema, a depender de sua aplicação e condução, pode representar mais uma abstração do que uma efetividade de direitos, pois em terra de quilombos não é exercida a propriedade plena, devido sua caracterização como coletiva/de uso comum. Desse modo, a relativização do domínio sobre o território, permite confusões internas na autogestão e autoadministração, e externas, em caso de dicotomia entre o sistema legal e os costumes das comunidades (BENATTI, 2011).

Essa dissociação entre o direito garantido e o direito efetivo protagoniza inúmeras demandas judiciais, ficando a cargo dos Tribunais “dizer o direito”, com busca ao melhor resultado prático ao entregá-lo de forma fundamentada na decisão judicial proferida.

Desta forma, o objetivo geral deste capítulo é demonstrar a importância do método de análise de decisões judiciais nas pesquisas sobre propriedade coletiva quilombola, sendo dividido, portanto da seguinte forma: 1) abordagem inicial dos diversos sentidos empregados ao conceito de decisão judicial, bem como os parâmetros legais para sua elaboração; 2) verificação do referencial teórico sobre a metodologia da análise de decisões

judiciais e, 3) apresentação dos dados quantitativos de jurisprudência publicada, até maio de 2023, nos portais oficiais do Supremo Tribunal Federal, Superior Tribunal de Justiça e Tribunal Regional da 1ª Região, a partir dos descritores: identidade quilombola, território quilombolas, Decreto nº 4.887/2003 e propriedade quilombola.

## 2. O OBJETO DO MÉTODO: DA DECISÃO JUDICIAL À UNIFORMIZAÇÃO DE JULGADOS

O primeiro desafio da pesquisa científica é enxergar, definir e delimitar seu objeto, ou seja, o elemento que irá indicar seu problema, seu incômodo, sua questão a ser enfrentada. Nas pesquisas que envolvem conflitos judicializados, a análise das decisões judiciais revela uma importância prática e substancial, com possibilidade de compreensão dos conceitos e fundamentos, para além de suas abstrações.

Uma decisão judicial compreende espécies distintas a depender do momento processual em que é proferida pelo magistrado. O Código de Processo Civil, na lei nº 13.105/2015 define tais pronunciamentos, conforme demonstra o quadro 01:

Quadro 01 – Espécies de decisão judicial e definições

Decisão judicial	
Espécie	Definição
Decisão Interlocutória	Resolve questões que surgem durante o processo, mas não são o julgamento dele por meio de sentença.
Sentença	É o pronunciamento por meio do qual o juiz põe fim à fase cognitiva do procedimento comum, bem como extingue a execução.
Despacho	Todos os demais pronunciamentos do juiz praticados no processo, de ofício ou a requerimento da parte.
Acórdão	É o julgamento colegiado proferido pelos tribunais

(BRASIL, 2015)

A decisão judicial, portanto, é o pronunciamento do juiz que consiste em sentença, decisão interlocutória e despacho, proferidos de forma monocrática, ou seja, por um magistrado. Além da possibilidade de julgamento na forma colegiada, através do acórdão em sede de recurso, no Tribunal.

A construção da decisão judicial depende de uma fundamentação legítima, com requisitos objetivos determinados pelo próprio Código de Processo Civil, no artigo 487, sob pena de nulidade e invalidação de seus efeitos (BRASIL, 2015). A legitimidade é encontrada tanto nos dispositivos legais, quanto nos elementos sociais, costumes, analogias e princípios gerais de direito<sup>1</sup>, para atendimento das exigências do bem comum

1. Elementos de integração da norma.

e do princípio da inescusabilidade<sup>2</sup>, em que, o juiz investido, não pode deixar de julgar a causa diante da ausência de norma regulamentadora, em obediência à Lei de Introdução às Normas de Direito Brasileiro - LINDB (BRASIL, 1942).

O conjunto reiterado de decisões judiciais sobre determinado tema constitui a jurisprudência, que compreende alguns sentidos, também determinados em lei, de acordo com o disposto no quadro 02, que demonstra as espécies de julgados e seus conceitos:

Quadro 02 - Espécies de julgados

<b>Julgado</b>	Decisão isolada de um Tribunal que não tem mais recursos – coisa julgada.
Precedente	Qualquer julgamento utilizado como fundamento/parâmetro de outro julgamento posteriormente proferido. Decisão norteadora para outros julgamentos parecidos.
Jurisprudência	Conjunto de decisões judiciais proferidas num mesmo sentido, pelos tribunais, sobre uma mesma matéria.
Súmula	Enunciado curto, sintetizando o pensamento majoritário do órgão colegiado acerca daquela matéria.
Súmula Vinculante	É uma normatização, vinda do STF, que obriga ao Judiciário e ao Executivo a cumprir determinada norma constitucional conforme for apontado pela súmula vinculante

(ROCHA, 1997)

As definições sobre jurisprudência indicam um caminho para uniformização do entendimento dos Tribunais sobre determinada matéria, em atendimento ao previsto no artigo 927 do Código de Processo Civil, com o dever de mantê-la estável, íntegra e coerente, através dos enunciados de súmula dominante (BRASIL, 2015).

A diferença entre julgados que orientam decisões futuras e julgados que resumem o entendimento do tribunal com aplicação obrigatória, estabelecem uma crítica sobre a impossibilidade de o juiz interpretar. De acordo com Botinni (2008), o processo de fortalecimento de precedentes acarretaria a redução do campo de interpretação do magistrado, especialmente nas matérias pacificadas por súmulas vinculantes ou por decisões decorrentes do controle objetivo de constitucionalidade.

Pensar em uma uniformização sumular de decisões, reduziria a capacidade e poder do juiz de interpretar, o distanciaria da salutar tensão entre dispositivos e discursos produzidos pelo fato social ou fato do conflito, e mesmo que persista a possibilidade de interpretação, a mera aplicação de uma métrica de entendimentos judiciais estagnados, sem o enfrentamento necessário do problema, silenciaria o próprio direito, e o silêncio resultaria na sua morte (BOTINNI, 2008); (ROCHA, 1997).

Deste modo, a ineficácia da uniformização não estaria nos parâmetros pré-existentes de casos semelhantes, que poderiam fundamentar decisões futuras, mas na

2. Princípio geral do processo civil que orienta a impossibilidade de o juiz recusar a julgar uma causa ou por fim ao processo por ausência de lei ou norma regulamentadora.

obrigatoriedade de aplicação de entendimentos sumulares resumidos, sem a devida adequação à realidade.

Portanto, é inegável que uma decisão judicial entregue às partes envolvidas na demanda um significado de autoridade pelo judiciário, com o direcionamento da demanda e do discurso predominante, acerca da categoria jurídica em disputa, que merecem a devida análise. Assim, a resolução do conflito não depende de forma exclusiva do pronunciamento do magistrado, mas de como será modulado e orientado seus efeitos a partir do enfrentamento de todas as razões e fundamentos corporificados no processo.

### **3. O MODO DE FAZER E ANALISAR DECISÕES JUDICIAIS: A QUANTIDADE E A QUALIDADE**

Ao escolher a decisão judicial como objeto de pesquisa, torna-se importante a verificação do método que entrega melhor adequação e relevância prática, tanto para área jurídica, quanto para o enfrentamento do problema, visto que a análise de decisões judiciais, por estudo de caso ou jurisprudência é propulsora no avanço das pesquisas empíricas no Brasil (PALMA; FEFERBAUM; PINHEIRO, 2019).

A escolha do método está diretamente ligada à sua questão problema, pois se o desconforto e inquietude partem de um conflito que foi judicializado, é possível que o entendimento da condução dessa demanda pelos Tribunais indique o resultado para seu trabalho, ou seja, para o confronto de decisões em casos concretos, com semelhança de interesses; seja, para verificação das categorias jurídicas em conflito e sua aplicação pelos Tribunais ou, para análise, dos aspectos de fundamentação das decisões quanto sua legitimidade, legalidade e aplicabilidade.

O que caracteriza um estudo de jurisprudência é o fato de a pergunta de pesquisa apenas poder ser respondida por meio da análise de julgados, como explicado. Isso significa que os julgados correspondem à principal fonte de pesquisa e a metodologia deve, necessariamente, ser construída visando ao trabalho com julgados. A primazia dos julgados nas pesquisas jurisprudenciais pode levar à falsa percepção de que nesse método a única fonte de pesquisa são os julgados. Embora sejam as principais fontes de pesquisa, não se faz uma pesquisa de jurisprudência apenas com julgados. Pelo contrário. Trabalhos mais sofisticados de jurisprudência tendem a apresentar o referencial teórico utilizado, o que geralmente se faz por meio da revisão bibliográfica pertinente ao assunto estudado empiricamente (PALMA; FEFERBAUM; PINHEIRO, 2019, p. 103).

Mesmo que a análise de decisões judiciais seja um caminho metodológico possível, a pesquisa não se esgota na mera apresentação de julgados. O caráter polissêmico da palavra metodologia revela uma infinidade de instrumentos de condução de pesquisa, sendo indispensável portanto, a verificação do modo mais adequado para análise do objeto e abordagem de sua aplicação pela fundamentação teórica, pois ao tratar a decisão judicial

como fonte de pesquisa, necessariamente será apresentado um arcabouço de elementos apoiadores, como, revisão bibliográfica e recursos estatísticos.

A análise de decisões judiciais é prática, complexa, e nega a simples compilação de julgados aleatórios para defender o seu ponto de vista, com apresentação simplificada de julgados recentes de um determinado Tribunal para afirmar uma suposta orientação jurisprudencial (PALMA; FEFERBAUM; PINHEIRO, 2019).

A análise de decisões é um método que permite organizar informações relativas a decisões proferidas em um determinado contexto; verificar a coerência decisória no contexto determinado previamente; e produzir uma explicação do sentido das decisões a partir de interpretação sobre o processo decisório, sobre a forma das decisões e sobre os argumentos produzidos (FILHO; LIMA, 2010, p.7).

A decisão judicial como objeto de pesquisa é, portanto, de fundamental importância no estudo das ciências sociais aplicadas, pois reflete o poder jurisdicional no caso concreto e sua análise pode abranger pelo menos três vertentes: 1) interpretativa ou argumentativa; 2) a verificação de um padrão no comportamento judicial ou das instituições; 3) sua vinculação às ciências do conhecimento e às neurociências (PALMA; FEFERBAUM; PINHEIRO, 2019).

O tratamento de decisões judiciais e sua análise para fins de compreensão de adequação e aplicação de determinadas categorias jurídicas, revela uma distinção entre estudo de caso, análise de jurisprudência e metodologia da análise das decisões, em que:

A metodologia da análise das decisões – MAD, é uma forma de fazer algo, um caminho a ser seguido para atingir uma finalidade e se diferencia do Estudo de Caso e da Análise de Jurisprudência, em que, no Estudo de Caso, realiza-se um estudo intensivo de uma decisão, de um grupo de decisões ou de uma questão-problema jurídica determinada, por meio da exploração da maior quantidade de variáveis nela envolvidas, numa perspectiva de múltiplas variáveis, de um evento ou situação única, chamado de “caso”, enquanto a análise de Jurisprudência, permite a identificação da posição dos decisores em relação ao problema e/ou a suas eventuais inclinações em relação às demais possibilidades de solução que porventura não tenham sido adotadas (FILHO; LIMA, 2010, p.3).

A metodologia da análise das decisões é um protocolo ampliado que não desconsidera a análise jurisprudencial e o estudo de caso, podendo se valer dessas abordagens como instrumento e apoio para chegar a resultados apreciáveis e, se possível, comparáveis nos aspectos conceituais e processuais dos elementos de decisórios. A validade de conduzir a pesquisa com base na decisão judicial, está em seu alcance, além das críticas ou elogios ao Tribunal ou instituições, a partir de um julgado específico, sendo indispensável a definição dos pontos de orientação, como por exemplo, a verificação dos argumentos considerados para a tomada de decisão, que entregam uma qualificação crítica e reflexiva para análise (PALMA; FEFERBAUM; PINHEIRO, 2019).

A análise de decisão judicial, seja pela apresentação quantitativa de descritores decisórios e/ou qualitativa dos argumentos empregados pelo julgador, tem caráter prático, que prescindem fundamentação teórica, com qualidade de recorte metodológico adequado ao tema, identificação do problema e estabelecimento do marco teórico pertinente, colocando em relevo o objeto da pesquisa para dar coerência na narrativa construída (FILHO; LIMA, 2010, p.6).

A subjetividade na análise das decisões não dispensa uma análise quantitativa dos julgados e padrões decisórios, podendo ser valer de aspectos estatísticos para formação de um inventário, acerca de determinada categoria jurídica posta em debate. Dessa forma é a jurimetria, análise baseada em dados demonstrados e interpretados estatisticamente. É uma ferramenta de grande relevância para advogados, tanto na sua utilização voltada à previsão de comportamentos jurídicos, como para evidenciar a necessidade dos pedidos formulados em um processo judicial (MOACYR, 2019). É um método que advém de uma possibilidade de implementar a partir de dados objetivos, políticas de transparência, fiscalização e eficiência no Poder Judiciário brasileiro, uma vez que, busca investigar e analisar fenômenos jurídicos por meio da observação empírica de dados (MAIA; BEZERRA, 2023).

A jurimetria possibilita um suporte quantitativo na análise de decisões judiciais explicando variações e elementos de causalidade na tomada de decisões pelo magistrado, associados aos padrões de comportamento legal, podendo influenciar ou alterar a realidade de uma fundamentação decisória, contrapondo a prática contemporânea de pesquisa qualitativa nas ciências jurídicas sem desconsiderá-la, mas apoiá-la com dados objetivos (TASSIGNY; CAMINHA; PIRES, 2021); (MAIA; BEZERRA, 2023).

A ideia na análise de decisões judiciais é de possibilitar a congregação de elementos quantitativos e qualitativos, evitando escolhas arbitrárias com debates direcionados apenas à subjetividade. Apesar do silêncio quantitativo, ainda presente, nas pesquisas jurídicas, é relevante a percepção da importância jurimétrica, como estratégia de mensuração do argumento ou problema que se busca refletir na pesquisa, a partir da formação quantitativa desses dados (TASSIGNY; CAMINHA; PIRES, 2021, p.8).

Uma pesquisa realizada em 2015, que avaliou a discussão quantitativa no Direito brasileiro nos programas de pós-graduação em Direito classificados como de excelência pela CAPES, coletou aleatoriamente 1.723 (mil setecentas e vinte e três) teses e dissertações de Direito e 2.012 (duas mil e doze) teses e dissertações de outras faculdades e utilizou seis variáveis para a amostra. Acontece que, dessas teses e dissertações, poucas foram as menções a termos quantitativos nas teses jurídicas. Destaca-se, nessa linha de raciocínio, que há um silêncio quantitativo no Direito que pode acarretar, inclusive, prejuízos sociais derivados, como normas enviesadas, falta de indução de eficiências e falta de debate sobre instituições eficientes (TASSIGNY; CAMINHA; PIRES, 2021, p.6).

Longe de imprimir certezas absolutas em um campo crescente de incertezas que é o processo judicial, a jurimetria constrói também um caminho para análise de decisões, com fins de auxílio na visualização sistemática de um grupo de decisões proferidas em observância da existência ou não de padrões que mereçam ou não refutação.

#### **4. A PROPRIEDADE COLETIVA NOS JULGADOS: APRESENTAÇÃO DOS DESCRITORES GERAIS E PRIMEIROS RESULTADOS.**

Feitas as necessárias abordagens sobre decisão judicial e método, apresento a adequação da escolha do objeto na análise da minha pesquisa de doutorado sobre propriedade coletiva quilombola com protagonismo no campo social e tribunais regionais e superiores, que enfrentam crescente e diversos número de demandas afetas ao tema (FONTE, 2015).

Dessa forma, considerando o progressivo interesse na atuação do Poder Judiciário, bem como a escassez de estudos que buscam padrões de votação e efeitos de composição dos colegiados sobre os resultados dos acórdãos, a pesquisa pretende identificar padrões associados às decisões do Tribunal Regional Federal da 1ª Região (TRF1) e tem como norteador o seguinte problema: qual o alcance da propriedade coletiva quilombola na fundamentação das decisões judiciais?

Trata-se de um estudo quanti-qualitativo, sobre dados coletados no diário eletrônico do TRF1, para acórdãos judiciais disponibilizados até abril de 2024, que obedece a um protocolo para coleta de dados, conforme o quadro 03:

Quadro 03 - Protocolo para coleta de dados

<b>Etapa</b>	<b>Objetivo</b>	<b>Fonte</b>
1	Obter acórdãos	<a href="https://www2.cjf.jus.br/jurisprudencia/trf1/index.xhtml">https://www2.cjf.jus.br/jurisprudencia/trf1/index.xhtml</a>
2	Recortar número chave dos acórdãos	<a href="https://www2.cjf.jus.br/jurisprudencia/trf1/index.xhtml">https://www2.cjf.jus.br/jurisprudencia/trf1/index.xhtml</a>
3	Obter acórdãos individualizados	<a href="https://www2.cjf.jus.br/jurisprudencia/trf1/index.xhtml">https://www2.cjf.jus.br/jurisprudencia/trf1/index.xhtml</a>
4	Obter dados dos argumentos dos relatores	<a href="https://processual.trf1.jus.br/consultaProcessual/numeroProcesso.php?secao=TRF1&amp;enviar=ok">https://processual.trf1.jus.br/consultaProcessual/numeroProcesso.php?secao=TRF1&amp;enviar=ok</a>
5	Concatenar base de dados com a análise dos argumentos	Referencial teórico

Fonte: Elaborado pela autora

A apresentação dos primeiros resultados servirá para indicar o melhor caminho da análise qualitativa, sobre a questão territorial quilombola e a aplicação do conceito de propriedade coletiva nas decisões judiciais, sob um olhar do Tribunal Regional Federal da 1ª Região – TRF1, que representa o maior número de Estados em sua composição: Acre, Amazonas, Amapá, Bahia, Distrito Federal, Goiás, Maranhão, Mato Grosso, Minas Gerais,

Pará, Piauí, Rondônia, Roraima, Tocantins. Neste diapasão, vale salientar que a exemplo do Estado do Pará e Mato Grosso, os conflitos agrários são intensos nestas regiões

A escolha da realização da pesquisa quantitativa na base de dados de jurisprudências no TRF1 se deu por conta de este ser o Tribunal com um número substancial de estados que enfrentam questões conflituosas sobre o objeto de estudo (IMAGEM 01), que merecem uma análise comparativa por tratarem de questões afetas à propriedade coletiva quilombola que por consequência, remetem aos direitos conquistados constitucionalmente sobre identidade e território.

Imagem 01 - Mapa da visualização dos Estados que compõem o Tribunal Regional da 1ª Região



Fonte: Tribunal Regional Federal da 1ª Região

Dessa forma, o incômodo da pesquisa consiste em visualizar o movimento das decisões judiciais acerca do tema propriedade coletiva em uma perspectiva quanti-qualitativa para compreender às decisões; qual o objeto do conflito judicializado, quantas decisões favoráveis e/ou desfavoráveis à propriedade coletiva quilombola, para entregar um posicionamento sobre os reflexos das propriedades quilombolas, conferidas diante das situações conflituosas judicializadas.

Para atendimento da primeira etapa da coleta de dados, pensou-se nos seguintes descritores: identidade quilombola; território quilombola; decreto nº 4887/2003 e propriedade quilombola, por abarcarem uma sequência lógica de reconhecimento dos direitos quilombolas sobre sua propriedade, que perpassa desde a identidade, reconhecimento constitucional dos direitos territoriais e a titulação.

Apesar do objeto de pesquisa atender aos dados coletados no Tribunal Regional da 1ª Região, foi feita a busca inicial, no Supremo Tribunal Federal - STF, Superior Tribunal de Justiça – STJ e Tribunal Regional da 1ª Região – TRF -1, com uma visão geral de decisões monocráticas e acórdãos, conforme o quadro 03:

Quadro 03 - Visão geral coleta de dados

<b>Tribunal</b>	<b>Quantidade</b>	<b>Decisão</b>	<b>Descritor</b>
STF	3	Acórdãos	Identidade quilombola
STF	39	Decisões monocráticas	Identidade quilombola
STF	7	Acórdãos	território quilombola
STF	68	Decisões monocráticas	território quilombola
STF	3	Acórdãos	Decreto nº 4.887/2003
STF	31	Decisões monocráticas	Decreto nº 4.887/2003
STF	7	Acórdãos	Propriedade Quilombola
STF	64	Decisões monocráticas	Propriedade Quilombola
STJ	0	Acórdãos	Identidade quilombola
STJ	30	Decisões monocráticas	Identidade quilombola
STJ	1	Acórdãos	território quilombola
STJ	98	Decisões monocráticas	território quilombola
STJ	1	Acórdãos	Decreto nº 4.887/2003
STJ	67	Decisões monocráticas	Decreto nº 4.887/2003
STJ	4	Acórdãos	Propriedade Quilombola
STJ	108	Decisões monocráticas	Propriedade Quilombola
TRF1	17	Acórdãos	Identidade quilombola
TRF1	33	Decisões monocráticas	Identidade quilombola
TRF1	17	Acórdãos	território quilombola
TRF1	33	Decisões monocráticas	território quilombola
TRF1	2	Acórdãos	Decreto nº 4.887/2003
TRF1	10	Decisões monocráticas	Decreto nº 4.887/2003
TRF1	43	Acórdãos	propriedade quilombola
TRF1	98	Decisões monocráticas	propriedade quilombola
TOTAL	784		

Orgs: BENEVIDES, R.P

Das 784 decisões judiciais que compõe a visão geral da coleta inicial dos dados, os descritores: identidade quilombola, território quilombola, decreto nº 4.887/2003 e propriedade quilombola estão presentes nos tribunais em referência, com exceção do descritor “identidade quilombola” que não apresentou resultados para acórdãos no STJ e foram proferidas tanto de forma monocrática quanto por acórdão.

A decisão judicial que será base para a análise sobre propriedade coletiva quilombola

será o acórdão, que apesar, de uma representatividade numérica menor, com 105 acórdãos proferidos, na visão geral apresentada, atendem a um pronunciamento colegiado do Tribunal, com a possibilidade de votos dos desembargadores e uma repercussão sobre o caráter democrático da decisão proferida em sede de recurso, com possibilidade de verificação dos argumentos sobre os votos acolhidos e vencidos.

No Supremo Tribunal Federal, a propriedade quilombola compõe o aspecto decisório de 7 acórdãos, com valor numérico igual nas decisões sobre território quilombola, conforme quadro 04:

Quadro 04 – STF – Acórdãos sobre propriedade quilombola

Tribunal	Quantidade	Decisão	Matéria
STF	3	Acórdãos	Identidade quilombola
STF	7	Acórdãos	território quilombola
STF	3	Acórdãos	Decreto nº 4.887/2003
STF	7	Acórdãos	Propriedade Quilombola

Orgs: BENEVIDES, R.P

No Superior Tribunal de Justiça, a propriedade quilombola compõe o aspecto decisório de 4 acórdãos, com valor numérico maior do que as decisões sobre território quilombola, conforme quadro 05:

Quadro 05 – STJ – Acórdãos sobre propriedade quilombola

Tribunal	Quantidade	Decisão	Matéria
STJ	0	Acórdãos	Identidade quilombola
STJ	1	Acórdãos	território quilombola
STJ	1	Acórdãos	Decreto nº 4.887/2003
STJ	4	Acórdãos	Propriedade Quilombola

Orgs: BENEVIDES, R.P

No Tribunal Regional da 1ª Região, a propriedade quilombola compõe o aspecto decisório de 43 acórdãos, com valor numérico maior do que as decisões sobre território quilombola, conforme quadro 06:

Quadro 06 – TRF1 – Acórdãos sobre propriedade quilombola

Tribunal	Quantidade	Decisão	Matéria
TRF1	17	Acórdãos	Identidade quilombola
TRF1	17	Acórdãos	território quilombola
TRF1	2	Acórdãos	Decreto nº 4.887/2003
TRF1	43	Acórdãos	Propriedade quilombola

Orgs: BENEVIDES, R.P

A quantidade de acórdãos proferidos no Tribunal Regional da 1ª Região, com fundamentação na propriedade quilombola é maior do que a quantidade de decisões proferidas nos tribunais superiores, STF e STJ, abordando critérios de identidade quilombola, território quilombola, decreto nº 4.887/2003 e propriedade quilombola.

O TRF-1 é responsável por um número expressivo de demandas que atendem aos direitos quilombolas sobre propriedade e ao escolher os descritores gerais para a busca inicial de dados, o termo “propriedade coletiva quilombola” não foi reconhecido como critério no “sítio eletrônico” de buscas de nenhum dos Tribunais pesquisados.

A confirmação da ausência do emprego dos critérios de “propriedade coletiva quilombola” na fundamentação das decisões pesquisadas, indicarão um olhar dos Tribunais sobre a propriedade quilombolas que precisa ser atualizado. Pretende-se que, durante a pesquisa essa hipótese seja confirmada ou negada.

A continuidade da análise dos dados apresentado, com abordagem qualitativa e/ou quantitativa, irão indicar escolhas metodológicas que melhor atendam a reflexão sobre o resultado percorrido. Além de, possibilitar a visualização prática do direito, dentro dos limites territoriais da jurisdição no TRF-1, com medidas de maior ou menor nível de efetividade, nas decisões fundamentadas.

## 5. CONSIDERAÇÕES FINAIS

No presente capítulo, buscou-se apresentar a análise de decisões judiciais como um caminho possível para se entender a dinâmica de sua fundamentação, com apresentação necessária do próprio conceito e espécies de decisão judicial; as abordagens metodológicas que tem como objeto os julgados, no aspecto qualitativo e quantitativo e, a apresentação dos primeiros resultados da coleta de dados no TRF1 sobre propriedade quilombola.

A espécie de decisão judicial que irá compor o arcabouço fundamental sobre propriedade quilombola são os acórdãos que refletem o pronunciamento colegiado de um tribunal, com a possibilidade de análise entre votos vencidos e acolhidos, sobre o tema.

Enquanto o método de análise das decisões revela distinções sobre estudo de caso e análise jurisprudência, não os desconsidera para fins de direcionamento da abordagem, sendo necessária a congregação entre pesquisas qualitativas e quantitativas acerca de padrões decisórios nos Tribunais.

O conflito judicializado é um campo crescente de incertezas em que o processo irá definir a métrica para sua resolução. Com a jurimetria é possível uma visualização sistemática de um grupo de decisões proferidas em observância da existência ou não de padrões que mereçam ou não refutação.

Os Direitos ao reconhecimento, delimitação, demarcação e titulação de terras quilombolas decorrem de comando contido no Ato das Disposições Constitucionais

Transitórias no art. 68, que garante aos remanescentes das comunidades dos quilombos que estejam ocupando suas terras o reconhecimento de propriedade definitiva, devendo o Estado emitir os títulos respectivos, sendo a matéria disciplinada pelo Decreto nº 4.887 de 2003, o qual prevê que, concluindo o procedimento de delimitação e titulação respectivo, o usufruto do território é exclusivo das comunidades respectivas, determinando que eventuais terras particulares incluídas em seus limites sejam desapropriadas. A constitucionalidade deste Decreto foi reconhecida pelo Supremo Tribunal Federal.

A propriedade quilombola é uma categoria em disputa, em um campo aberto de batalhas travadas entre os processos históricos, relações socialmente construídas, políticas de reconhecimento dos atores sociais em um plano social e político, coroada pela judicialização de conflitos que potencializa, por vezes a inefetividade de garantias conquistadas.

A judicialização é um caminho para buscar alcançar a efetividade desse direito constitucional. Nessas circunstâncias, o direito da propriedade coletiva e sua fundamentação nas decisões judiciais do TRF, será objeto de análise na pesquisa de doutorado em andamento no programa de pós graduação em sociedade, natureza e desenvolvimento da Universidade Federal do Pará.

O levantamento geral do quantitativo das decisões que serão analisadas foi realizado até abril de 2024 e foi considerada a configuração de buscas pelos descritores identidade quilombola, território quilombola, decreto nº 4.887/2003 e propriedade quilombola dos tribunais: Supremo Tribunal Federal, Superior Tribunal de Justiça e Tribunal Regional Federal da 1ª Região.

O objetivo é devolver à sociedade os resultados da pesquisa realizada entre 2020 e 2024. Embora a pesquisa demande continuidade e atualização constante, ela fornece uma visão inicial das possibilidades e direções a serem tomadas a partir dos padrões decisórios identificados.

A pesquisa com o objeto de análise das decisões judiciais revela-se importante e necessária tendo em vista a promessa de um balanço judicioso dos avanços da jurisprudência sobre direitos de propriedade quilombola, mas também como uma oportunidade para identificar suas limitações e silêncios. Além de oportunizar aos Tribunais Regionais, especialmente o Tribunal Regional Federal da 1ª Região, uma aproximação de interpretações mais robustas e garantistas acerca dos direitos quilombolas.

A oportunidade e o desafio para o judiciário e a comunidade acadêmica consiste em romper com resistências às pesquisas de análise de decisões judiciais para aprofundar e refinar respostas a esse complexo embate de caminhos metodológicos. Neste interim, a pesquisa com análise de decisões judiciais representa uma potencialidade empírica para sistematizar a atividade do Poder Judiciário com informações quantitativas e qualitativas, bem como, conduzir análises críticas sobre o alcance da propriedade coletiva quilombola.

## REFERÊNCIAS

ARRUTI, José Maurício. Quilombos. In: PINHO, Osmundo; SANSONE, Lívio. Raça. Novas Perspectivas antropológicas. Salvador: Associação Brasileira de Antropologia; Edufba, 2008.

art. 68 do Ato das Disposições Constitucionais Transitórias. Brasília, nov, 2003.

BOTTINI, Pierpaolo Cruz. Mecanismos de uniformização jurisprudencial e a aplicação da súmula vinculante. Revista do Tribunal Regional Federal da 1ª Região, v. 20, n. 3, mar. 2008

BRASIL. Código de Processo Civil nº 11103, de 16 de março de 2015. Brasília, DF.

BRASIL. Constituição da República Federativa do Brasil de 1988. Brasília-DF, fevereiro 2016. Disponível em: [http://www.planalto.gov.br/ccivil\\_03/constituicao/constituicao.htm](http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/constituicao/constituicao.htm).

BRASIL. Lei nº 4657, de 04 de setembro de 1942. Lei De Introdução às Normas Do Direito Brasileiro.

BRASIL. Decreto nº. 4.887, de 20 de novembro de 2003. Regulamenta o das terras ocupadas por remanescentes das comunidades dos quilombos de que trata o Disponível em: [http://www.planalto.gov.br/ccivil\\_03/decreto/2003/D4887.htm](http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/decreto/2003/D4887.htm). Acesso em 11 de janeiro de 2018.

FILHO, Roberto Freitas. Metodologia de Análise de Decisões – MAD. Univ. JUS, Brasília, n. 21, p. 1-17, jul./dez. 2010.

FONTE, Felipe de Melo. Políticas Públicas e Direitos Fundamentais. 2ª ed. São Paulo: Saraiva, 2015, pg. 33-88

MAIA, Marcos; BEZERRA, Cícero Aparecido. Padrões nos acórdãos do Tribunal Regional Federal da Quarta Região. Revista direito GV. São Saulo. Escola de direito de São Paulo da Fundação Getúlio Vargas, 2023.

MOACYR, Karina Reis. Jurimetria. A estatística e a importância da previsão de comportamentos no direito. E-ISSN 2316-8080 PIDCC, Aracaju/Se, Ano VIII, Volume 13 nº 01, p.110 a 131 Fev/2019.

PALMA, Juliana Bonaco Rsi de; FEFERBAUM, Marina; PINHEIRO, Victor Marcel. Meu trabalho precisa de jurisprudência? Como posso utilizá-la? em: Metodologia da Pesquisa em Direito Técnicas e abordagens para elaboração de monografias, dissertações e teses Rafael Mafei Rabelo Queiroz Marina Feferbaum Coordenadores. Saraiva jur 2ª edição, 2019.

ROCHA, Cármen Lúcia Antunes. Sobre a súmula vinculante. GENESIS - Revista de Direito Administrativo Aplicado, v. 4, n. 15, p. 905-921, out./dez. 1997.

TASSIGNY, Mônica Mota; CAMINHA, Uinie; PIRES, Andressa Borges Monteiro. A singularidade da jurimetria como método aplicável ao direito: relato de experiência da disciplina de jurimetria em programa de pós graduação stricto sensu de uma universidade privada. Revista Eletrônica do Curso de Direito da UFSM [www.ufsm.br/revistadireito](http://www.ufsm.br/revistadireito) v. 16, n. 3 / 2021 e42697

WALKER, S. S. Presencia de la diáspora africana en toda América y en todos los americanos, desde Argentina a Canadá. In: De la cadena al vínculo. Una visión de la trata de esclavos.

WOLKMER, Antônio Carlos; SOLLAZZI, José Luis. Interpretação constitucional, pluralismo jurídico e a questão quilombola: uma abordagem descolonial e intercultural do decreto nº 4.887/2003 e da adi 3239 in: Os direitos territoriais quilombolas: além do marco territorial/ Coordenadores, Antonio Carlos Wolkmer, Carlos Frederico Marés de Souza Filho, Maria Cristina Vidotte Blanco Tarrega. Goiânia : Ed. da PUC Goiás, 2016. 196 p.

# EVOLUÇÃO DA TECNOLOGIA DE MONITORAMENTO PESQUEIRO: DA DOCUMENTAÇÃO EM PAPEL AOS APLICATIVOS

*Data de aceite: 02/10/2024*

### **Samela Cristina da Silva Bonfim**

Universidade Federal do Oeste do Pará  
(UFOPA)  
Santarém-Pará

CV: <https://lattes.cnpq.br/6043701262967281>  
ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-7371-3904>

### **Antônia do Socorro Pena da Gama**

Universidade Federal do Oeste do Pará  
(UFOPA)  
Santarém-Pará

CV: <http://lattes.cnpq.br/0557401045324442>  
ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-7084-6509>

### **Frank Raynner Vasconcelos Ribeiro**

Universidade Federal do Oeste do Pará  
(UFOPA)  
Santarém-Pará

CV: <http://lattes.cnpq.br/8596465020613445>  
ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-6485-676X>

**RESUMO:** O monitoramento pesqueiro é uma ferramenta que permite informações importantes para o desenvolvimento das atividades pesqueiras, extrativistas e aquícolas, além de contribuir com ações que objetivam a conservação dos estoques naturais de peixes. Nos últimos anos, houve uma transição da forma como os

registros vem sendo implementados, a partir da evolução de diários de bordo e observações escritas para sistemas de monitoramento de embarcações, eletrônicos de monitoramento, tecnologias acústicas, sensoriamento remoto e aplicativos móveis. Essa disponibilidade de ferramentas e tecnologias desenvolvidas para melhorar a coleta e análise de dados tem oportunizado avanços e maior agilidade para sistematizar informações sobre a pesca. Assim, este artigo tem como objetivo descrever o processo evolutivo das tecnologias para o monitoramento da pesca. É, portanto, uma pesquisa qualitativa, bibliográfica e descritiva, com breve estado da arte. Notou-se que o uso das referidas tecnologias e aplicações no monitoramento da pesca pode contribuir na identificação de impactos antropogênicos, como sobrepesca, efeitos de mudanças climáticas e na implementação de medidas eficazes de conservação. Entretanto, apesar da disponibilidade existência das tecnologias para o monitoramento, ainda é necessário promover sua disseminação sob a perspectiva de amplificar as possibilidades de acesso de forma esclarecida.

**PALAVRAS-CHAVE:** Evolução; tecnologias; monitoramento; pesca.

# EVOLUTION OF FISHERIES MONITORING TECHNOLOGY: FROM PAPER DOCUMENTATION TO APPLICATIONS

**ABSTRACT:** Fishery monitoring is a tool that provides important information for the development of fishing, extractive, and aquaculture activities, in addition to contributing to actions aimed at conserving natural fish stocks. In recent years, there has been a transition in the way records have been implemented, from the evolution of logbooks and written observations to vessel monitoring systems, electronic monitoring, acoustic technologies, remote sensing, and mobile applications. This availability of tools and technologies developed to improve data collection and analysis has provided advances and greater agility to systematize information about fishing. Thus, this article aims to describe the evolutionary process of technologies for fishery monitoring. It is, therefore, a qualitative, bibliographic, and descriptive research, with a brief state of the art. It was noted that the use of these technologies and applications in fishery monitoring can contribute to the identification of anthropogenic impacts, such as overfishing, effects of climate change, and the implementation of effective conservation measures. However, despite the availability of technologies for monitoring, it is still necessary to promote their dissemination from the perspective of amplifying the possibilities of access in an enlightened way.

**KEYWORDS:** Evolution; technologies; monitoring; fishing.

## 1. INTRODUÇÃO

Ao longo das duas últimas décadas, a pesca vem registrando declínios consideráveis no que tange ao estoque de peixes em decorrência da sobrepesca (WFMF, 2020). Se em meados de 1990 já havia preocupação com a escassez dos recursos pesqueiros, esta aumentou com a intensificação da pesca predatória. Tornando necessário a comprovação do risco do esgotamento de populações naturais de algumas espécies através de indicadores claros, representativos e concisos, que devem subsidiar a proposição de leis que possam ajudar a mitigar os impactos dessas ações. Assim, este estudo apresenta um levantamento bibliográfico em que figura a evolução da tecnologia de monitoramento, através da transição entre os registros manuais escritos e a criação de aplicações para a atividade. O objetivo desta pesquisa é descrever o processo evolutivo das tecnologias para o monitoramento pesqueiro.

Criadas para facilitar a vida, as tecnologias representam recursos importantes para realizar tarefas do cotidiano (Selwyn, 2011). Iniciada há mais de dois milhões de ano, a relação humana com as tecnologias acontece na transformação de elementos naturais em ferramentas rudimentares, como método de sobrevivência. Apesar de não ser exclusividade do ser humano, dentre os seres vivos foi a capacidade de modificar objetos para alcançar uma melhor qualidade de vida que mais se destacou (Selwyn, 2011). Tecnologia é definida por Coccia e Watts (2019) como um conjunto complexo formado por mais de um subsistema. Para os autores, passa por um processo de adaptação ao meio em que são adequadas, conforme as necessidades técnicas, econômicas e sociais de seus inventores, recriadores e usuários.

Enquanto as transformações acontecem no contexto das tecnologias, alterações ambientais resultantes da exploração desmedida dos recursos naturais resultam em iminente extinção de seres vivos, como é o caso dos peixes (Roos; Becker, 2012). A escassez de algumas espécies de peixes já identificada em áreas da bacia Amazônica, aponta para a urgente necessidade de mais investigações nesse campo. Em meados do início dos anos 2000, pescadores artesanais organizados em associações de moradores e colônias de pescadores iniciaram o processo de monitoramento de espécies por meio de anotações próprias em papéis. Neste contexto surgem os primeiros registros manuscritos, fundamentais para a identificação da ocorrência de peixes no bioma.

Com a intenção de proporcionar uma visão expandida sobre o tema, este trabalho está estruturado em seis unidades, sendo que a primeira contextualiza o objeto de estudo na introdução, a segunda aborda os passos metodológicos para realização deste estudo. A terceira unidade apresenta um breve histórico das tecnologias para a pesca, sucedida pela perspectiva das anotações de pescadores no contexto da ciência. Na sequência são estabelecidos marcos teóricos referentes ao uso das tecnologias para o monitoramento pesqueiro, apresentados resultados de pesquisa que utiliza aplicativo de celular para o monitoramento de espécies migradoras no baixo Amazonas e, por fim, apresenta-se um breve estado da arte.

## **2. METODOLOGIA**

Este trabalho opera na modalidade qualitativa, uma vez que considera o processo evolutivo das tecnologias para o monitoramento da pesca por meio de um viés subjetivo (Flick, 2013). Trata-se de uma pesquisa bibliográfica (Severino, 2007), pois para levantamento de fundamentação teórica, foram buscadas fontes que já pesquisaram sobre os temas elencados. Também foi realizado um breve estado da arte (do conhecimento ou da questão), para conhecer as pesquisas relacionadas sobre o tema (Silva; Souza; Vasconcellos, 2020). Se caracteriza ainda como pesquisa descritiva, pois a mesma “não propõe soluções, apenas descreve os fenômenos tal como são vistos” (Mezzaroba; Monteiro, 2009, p. 116).

## **3. BREVE HISTÓRICO DAS TECNOLOGIAS PARA A PESCA**

A primeira instância do monitoramento tradicional da pesca era dependente de métodos manuais, tais como diários de bordo e registros escritos mantidos por pescadores e pescadoras (Ruffino, 2008). Essas anotações compreendiam o registro de locais de pesca, espécies, quantidades e valores comercializados. Apesar de inúmeros avanços tecnológicos que serão apresentados a seguir, a prática ainda se faz presente e, durante muito tempo, é considerada eficaz para estabelecer ações para a cadeia produtiva. Desafios de ordem

operacional/logística e administrativa, tem dificultado o acesso a novas tecnologias que poderiam representar avanços significativos para o monitoramento pesqueiro.

Os avanços tecnológicos possibilitaram um novo cenário para o monitoramento da pesca: acesso a ferramentas e tecnologias adequadas para eficiência na coleta e análise de dados da pesca (Nolan, 2011). Isso inclui a disponibilidade de sistemas de monitoramento eletrônico, sensoriamento remoto e tecnologias acústicas para monitorar populações de peixes e atividades pesqueiras. Entretanto, a transição para registros digitais ainda não é uma realidade para grande parte das comunidades ribeirinhas que vivem desassistidas da inclusão digital (Bonfim, 2021). A criação de aplicativos e softwares pode representar um importante auxílio para pescadores e as organizações de pesca como Colônias de pescadores e sindicatos, que podem utilizar aplicativos móveis e programas de computador para registrar, armazenar e processar dados de pesca com mais eficiência.

O uso de tecnologias e aplicações no monitoramento da pesca e nos esforços de conservação consente benefícios como coleta de dados mais precisa e em tempo real (com ajuda da internet), que pode ajudar na avaliação e monitoramento dos estoques de peixes, na identificação da sobrepesca e na implementação de medidas eficazes de conservação. A seguir apresentamos um quadro com tecnologias que podem auxiliar nessa atividade (Nolan, 2011; Silva; Sadeck, 2011).

Tabela 1 – Evolução das tecnologias para o monitoramento da pesca.

<b>Tecnologia</b>	<b>Definição</b>	<b>Tipo</b>
Diários de bordo e registros escritos	Escritos para rastrear suas atividades de pesca	Manual
Sistemas de monitoramento de embarcações (VMS)	Usa rastreamento por satélite para monitorar o movimento de embarcações de pesca em tempo real	Digital
Sistemas Eletrônicos de Monitoramento (EMS)	Uso de câmeras e sensores em embarcações pesqueiras para monitorar as atividades pesqueiras	Digital
Tecnologias acústicas	Dispositivos usam ondas sonoras para criar imagens de cardumes de peixes e fornecer informações sobre abundância e distribuição de peixes	Digital
Sensoriamento Remoto:	Imagens de satélite e levantamentos aéreos, são usadas para monitorar as atividades pesqueiras e detectar práticas ilegais	Digital
Aplicativos móveis	Envolve a colaboração entre pescadores e organizações de gerenciamento de pesca para coletar e analisar dados de pesca	Digital

Fonte: Nolan, 2011; Silva, 2011.

As geotecnologias, conhecidas por diferentes nomenclaturas - sensores remotos, geoprocessamento e os sistemas de informações geográficas - têm sido consideradas importantes aliadas ao monitoramento pesqueiro no Pará, ao integrar a análise de campo,

compreensão visual e uso de computadores. A utilização das imagens de sensores para compreensão do uso de apetrechos de pesca, por exemplo, tem sido atualmente reconhecida como um dos recursos mais importantes para monitorar a pesca (Silva; Sadeck, 2011). Através dessa tecnologia, é possível identificar, por meio de radares ligados aos sensores remotos, a precisa localização dos itens, possibilitando a fiscalização de áreas protegidas por acordos de pesca, como Reservas e Florestas Nacionais identificadas como Unidades de Conservação de uso sustentável (UCs). Para os autores, a tecnologia tem demonstrado “grande potencial para o monitoramento, ordenamento e manejo dos recursos pesqueiros” (Silva; Sadeck, 2011). Os autores comentam ainda que complementar à produção, a tecnologia possibilita integrar os pescadores artesanais, fortalecendo a proposição de políticas públicas para o setor. “Essas técnicas podem subsidiar a tomada de decisões por parte do poder público no planejamento do ordenamento pesqueiro”.

Nolan (2011) defende que é preciso integrar sistemas de geoinformação, “considerando variáveis pesqueiras, paisagísticas e ecológicas”. As particularidades da pesca e da Amazônia, implicam em situações únicas, que nessa ótica, carecem de união de tecnologias para conquistar resultados expressivos para a cadeia. Assim, o autor define a aplicação multiescala que une os chamados Sistemas integrados de geoinformação pesqueira (programas aptos a descrições complexas que permitem ampliar a visualização e interpretação ambientes pesqueiros). O autor investiga recursos criados para o estabelecimento de sistemas de monitoramento e controle e elenca algumas aplicabilidades visando o manejo de espécies. Dentre eles, enfoques voltados à distribuição de habitats, identificação de habitats essenciais para peixes, estudos de dinâmica de populações e questões econômicas e sociais sobre as pescarias (Nolan, 2011).

#### **4. USO DAS TECNOLOGIAS PARA O MONITORAMENTO PESQUEIRO**

Através de questionários simples com informações sobre o total de captura mensal, espécies de peixe, preços, quantidade de pescadores envolvidos na atividade é possível estabelecer análises dos dados que tabulados, interpretados e sistematizados, poderão ajudar a entender a situação da pesca na região. Em Santarém, um dos primeiros estudos estratégicos para entender a dinâmica da pesca regional que se tem conhecimento foi implementado pelo Projeto IARA/IBAMA em 1991 com a coleta de dados em mercados e frigoríficos. Em 2004 esse levantamento apontou que em Santarém cerca de 4.000 toneladas desembarcavam por ano e quase cem espécies eram comercializadas (Isaac; Silva; Ruffino, 2005). De acordo com o levantamento feito por Referência (Ruffino, 2008), em cinco anos [período de 2001 a 2004], o IBAMA investiu R\$ 2,4 milhões, produzindo vinte e cinco pesquisas científicas que subsidiaram o monitoramento e avaliação de sete acordos de pesca na região de Santarém e um na região de Parintins.

No início deste século, o IBAMA executava o Projeto Manejo dos Recursos Naturais da Várzea (ProVárzea), o qual era responsável pela coleta de dados de captura e esforço de pesca nas regiões dos rios Amazonas e Solimões. Para tanto, utilizavam-se de um sistema de monitoramento que era alimentado por registros de embarque e desembarque em 17 municípios. Estas informações eram processadas e analisadas e posteriormente foram utilizadas para o ordenamento pesqueiro. O projeto foi encerrado em 2007 por falta de financiamento (Ruffino, 2008). O autor esclarece que essas informações cumprem uma função elementar para subsidiar ações de políticas públicas para conservação dos estoques pesqueiros e, ao mesmo, tempo propor estratégias de desenvolvimento econômico integrado e sustentável.

Apesar dos resultados interessantes, não houve continuidade devido à falta de investimentos. Ruffino (2008) ressalta que mesmo com as atualizações tecnológicas, “não é aceitável um país com as dimensões do Brasil, [...] não ter um sistema nacional de estatística pesqueira eficiente e contínuo”.

## 5. ANOTAÇÕES DE PESCADORES ARTESANAIS E A CIÊNCIA

Comunidades tradicionais organizadas em torno da pesca, conscientizadas do risco da escassez, passaram a registrar as informações sobre a dinâmica e receita da pesca em seus respectivos territórios, sendo assessoradas pela ONG Sapopema (2021), responsável por promover capacitações e sistematizar as informações coletadas pelos atores sociais. No período entre 2017 e 2018, pescadores artesanais de cinco comunidades nos municípios de Santarém e Alenquer realizaram anotações da pesca e estas foram analisadas e devolvidas aos mesmos no formato de cartilhas. As comunidades Santa Maria do Tapará, Urucurituba, Pixuna do Tapará, Tapará Miri e Ilha de São Miguel conseguiram identificar a quantidade da extração do pescado na enchente, o esforço dedicado à atividade em diferentes períodos, assim como a captura, consumo e comercialização (Sapopema, 2021).

A comunidade Ilha de São Miguel, situada na margem esquerda do rio Amazonas, em Santarém, no Pará, por exemplo, anotou as pescarias e capturas de peixes durante sete dias consecutivos, uma vez por mês, nos anos de 2017 e 2018. A ação da referida comunidade, composta por 46 famílias agroextrativistas e cerca de 150 pessoas, permitiu reconhecer a quantidade de peixes capturada, espécies mais importantes do período, locais de captura das espécies, arreios utilizados na extração do pescado e o valor percentual que as espécies representam em relação a captura total.

Figura 1 - Anotações de pescadores identifica nome das espécies, dos locais de captura, tipos de arreios utilizados e a biomassa.

**Tabela 2 – As três espécies de peixes mais importantes em jan. fev. mar. 2017 e 2018**

Nome da espécie	Nome dos locais onde a espécie foi capturada no período	Arreios utilizados na captura da espécie neste período	Total de quilos capturados desta espécie no período	Percentual que a quantidade de quilos desta espécie representa em relação a captura total
 <p>Tambaqui</p>	Baixinha, Baixona, Baticano, Baixa da Maroca, Igarapezinho, Igarapé de Trás, João Torto, Lago Cocal, Lago Jararaca, Lago Poção, Laguinho, Mauari, Mestre Felipe, Paraná, Pica-Pau, Pocinho, Romualda, Urucurana, Uruazal	Arpão, Caniço	499 Kg	44 %
 <p>Pirapitinga</p>	Baixinha, Baixona, Baticano, Baixa da Maroca, Igarapezinho, João Torto, Lago Cocal, Lago Jararaca, Lago Poção, Laguinho, Mauari, Mestre Felipe, Pica-Pau, Pocinho, Urucurana, Uruazal	Arpão, Caniço	477,5 Kg	42 %
 <p>Cujuba</p>	Baticano, João Torto, Igarapezinho, Lago Jararaca, Lago Cocal, Laguinho, Lago Poção, Mauari, Sivirina, Uruazal	Arpão, Caniço	102,7 Kg	9 %

Fonte: SAPOPEMA (2021).

Além disso, os dados das cinco comunidades mencionadas, analisados e interpretados, puderam revelar em quais períodos há maior esforço para captura em quatro períodos: 1) enchente – janeiro, fevereiro e março; 2) cheia – abril, maio e junho; 3) vazante – julho, agosto e setembro e 4) seca – outubro, novembro e dezembro. Nos anos de 2017 e 2018, cada família da comunidade capturou em média: 1.914 quilos de peixes por ano (Tabela II). Os indicadores demonstram variáveis em relação a quantidade capturada em cada um dos cinco territórios nos quatro períodos.

Tabela 2 – Monitoramento da pesca na várzea do baixo Amazonas através de anotações de pescadores artesanais.

Comunidade	Total médio kg de peixes capturados			
	Enchente	Cheia	Vazante	Seca
Santa Maria do Tapará	3.845	5.494	4.735	2.838
Pixuna do Tapará	680	1.814	905	1.204
Tapará Miri	3.862	289	4.523	3.153
Ilha de São Miguel	1.132	765	931	996
Urucurituba	4.108	4.640	4.883	4.014

Fonte: Sapopema (2021).

A partir dos resultados obtidos, os comunitários podem (re)avaliar medidas coletivas para o fortalecimento do trabalho comunitário através de mudanças no esforço empenhado na atividade em determinados períodos e discutir instrumentos de ordenamento pesqueiro, tais como manejo comunitário e regras de acordos de pesca (Sapopema, 2021).

Figura 2 - Monitoramento da pesca no baixo Amazonas realizado através de diários de pesca resultou na elaboração de cinco cartilhas.



Fonte: SAPOPEMA (2021).

Os registros permitiram identificar variações sazonais no consumo de peixes, tal como a substituição parcial do pescado por outras fontes de proteína animal durante os períodos de cheia e enchente. Durante esses períodos os peixes dispersam nas áreas alagadas dificultando sua detecção e captura. Por outro lado, a concentração de peixes em lagos durante os períodos da vazante-seca permite maior volume de pescado. Outros fatores que contribuem para a variação sazonais de consumo são as restrições de captura de peixes estabelecidas nos acordos de pesca, período reprodutivo de espécies de peixes, cumprimento de leis ambientais e diminuição do esforço de pesca em função da realização de outras atividades como agricultura, pecuária e criação de animais.

Outro elemento importante apontado pelo monitoramento foi de que o pescado é normalmente vendido para atravessadores, na comunidade, e não diretamente para o consumidor final. Essa dinâmica de escoamento da produção pesqueira impacta economicamente diferentes atores envolvidos na cadeia produtiva, elevando o preço praticado ao consumidor final sem impacto positivo para o pescador. O estudo (Sapopema, 2021) destaca que a apresentação dos referidos dados só foi possível devido a participação dos pescadores ao informar sua dinâmica de pesca, e que os mesmos, são importantes para demonstrar os resultados do manejo sustentável.

## **6. APLICATIVO DE MONITORAMENTO DE ESPÉCIES MIGRADORAS NO BAIXO AMAZONAS**

Na perspectiva de promover uma tecnologia de monitoramento de peixes, um projeto intitulado Ciência Cidadã para a Amazônia (CCPA) desenvolvido pelo Laboratório de Ornitologia Cornell e Wildlife Conservation Society, testou a aplicação denominada *Ictio* por populações indígenas e pescadores (Bonfim, 2021). O aplicativo disponibilizado na plataforma Google Play permite cadastro de informações de pescaria por usuários capacitados, que são utilizadas no mapeamento de processo migratório de peixes na bacia amazônica.

No Brasil, uma das experiências com o aplicativo foi implementado em comunidades de Santarém, Aveiro e Itaituba no Pará pela ONG Sapopema. Entre os anos 2018 e 2022, estudantes de escolas ribeirinhas e indígenas realizaram a aplicação e mapearam a pesca de diferentes espécies migratórias de bagres e peixes com escamas de valor comercial, tais como: dourada-zebra (*Brachyplatystoma juruense*), barba-chata *Brachyplatystoma platynema*, Dourada (*Brachyplatystoma rousseauxii*), piramutaba (*Brachyplatystoma vaillantii*), matrinxã (*Brycon amazonicus*), tambaqui (*Colossoma macropomum*), pirapitinga (*Piaractus brachypomus*), curimatá (*Prochilodus nigricans*) e jaraqui (*Semaprochilodus insignis*) (Ictio, 2019).

Além do Brasil, outros países foram convidados a testar a aplicação: Bolívia, Colômbia, Equador, Estados Unidos, França e Peru. Atores comunitários nessas regiões

testaram o aplicativo, mobilizados por um grupo formado por vinte e quatro instituições empenhadas em coletar informações que permitam ampliar o conhecimento sobre migrações dos peixes amazônicos (Ictio, 2019).

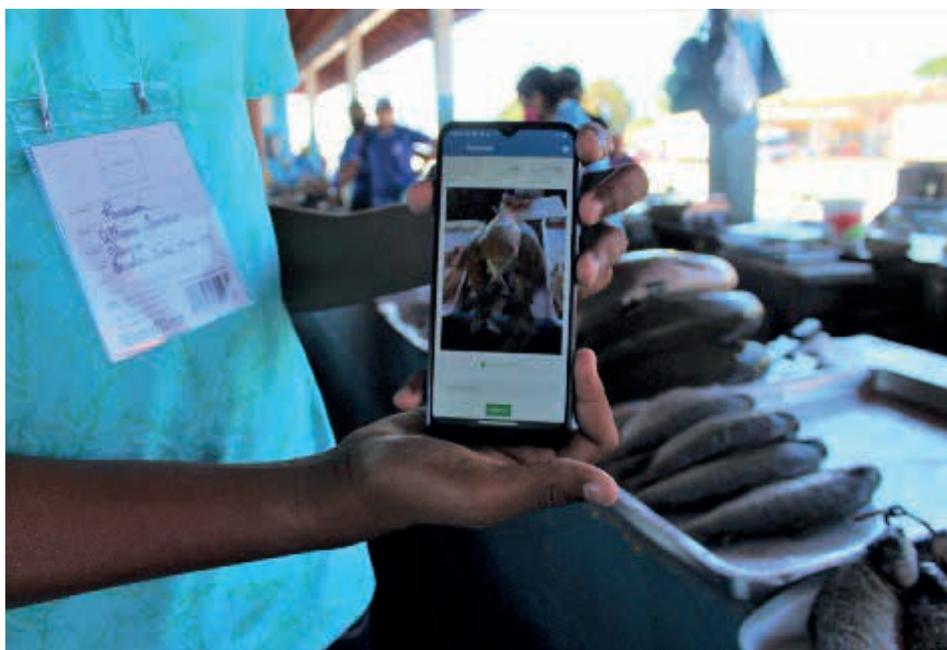
Figura 3 - Capacitação para uso do aplicativo *Ictio* na comunidade Pixuna do Tapará em Santarém, Pará.



Fonte: SAPOPEMA (2021).

Mais de 108 mil observações foram registradas na plataforma até dezembro de 2023 (Águas Amazônicas, 2023), reunindo 704 usuários ativos que registraram a presença de 2.400 espécies presentes na Bacia Amazônica (WCS, 2018). Entre 2018 e 2020, 3.500 listas de pesca haviam sido registradas por 231 usuários, identificando 900 toneladas de peixes em 58 bacias. O número de listas aumentou consideravelmente em 2021. Em junho do referido mês, o banco de dados compartilhado identificou um total de 26.458 listas de 149 sub-bacias da Amazônia (Ictio, 2021). No último relatório de 2023, o jaraqui-escama-grossa (*Semaprochilodus insignis*) foi a espécie mais registrada, reunindo mais de 8.500 observações. Em segundo lugar, a categoria 'Outros peixes' apareceu com 7.525 observações. O tambaqui (*Colossoma macropomum*) foi registrado 6.679 vezes (Águas Amazônicas, 2023).

Figura 4 - Aplicativo usado para o monitoramento de peixes.



Fonte: SAPOPEMA (2021).

Apesar dos números interessantes, a contrapartida desta metodologia ainda carece de melhorias e recursos de devolutivas sistematizadas aos usuários. Por exemplo, é necessário melhorar o detalhamento das informações do aplicativo, com a possibilidade de uma devolutiva instantânea – um acesso imediato aos dados coletados. Outra fragilidade identificada é quanto ao upload dos registros, que podem ser feitos offline, porém, ao carregar as listas após o período de 30 dias, não é possível realizá-lo (Bonfim, 2021).

## 7. USO DE TECNOLOGIAS PARA O MONITORAMENTO DA PESCA EM PESQUISA

Visando oferecer um breve panorama sobre as pesquisas correlatas ao tema deste estudo, foi realizado um breve estado da arte. Para tanto, foram definidas as seguintes fontes: 1) Scielo e 2) Portal de Periódicos da CAPES. No âmbito da plataforma Scielo, a pesquisa foi realizada a partir dos termos “tecnologia para o monitoramento pesqueiro” e “fisheries monitoring technology”: foram obtidos um e cento e noventa e três trabalhos relacionados, respectivamente. Entretanto, ao serem analisados, identificou-se que, apesar os termos individualizados correlatos, a maior parte não possuía nenhum tipo de relação com o uso de tecnologias para a pesca. Assim, os três relativamente relacionados, são mencionados na Tabela III e apresentados seus resultados abaixo.

Tabela 3 – pesquisas relacionadas a ‘Tecnologias para o monitoramento pesqueiro’.

Título do estudo	Ano de publicação	Plataforma
Filling gaps in the knowledge of grouper, especially Comb grouper ( <i>Mycteroperca acutirostris</i> ) (Begossi, 2022)	2022	Scielo
Evaluation of water quality in fee-fishing ponds located in Guarapiranga’s sub basin, Upper Tiete River basin, Sao Paulo State (Bueno et al, 2020)	2020	Capes
Survey sampling for fisheries monitoring in Brazil: implementation and analysis (Miranda et al, 2016)	2016	Capes

Fonte: Autora (2023).

Begossi (2022) investiga a pesca de garoupas, especialmente de *Mycteroperca acutirostris* (2013-2020) no Rio de Janeiro, Brasil, sob a ótica do registro pesqueiro manual, a partir do treinamento de pescadores para anotações de informações como peso, localização e preço do peixe durante cinco dias por mês. Nessa região, há mais de doze anos, cerca de vinte pescadores realizam a captura submarina, implementando o método de monitoramento manual. Como resultado, o estudo apontou que o procedimento foi crucial para fornecer elementos importantes visando conhecer o estado da conservação da espécie (Begossi, 2022).

Apesar de ter surgido na busca, Bueno et al (2020) não tem relação com o tema por possuir uma investigação relacionada ao uso de tecnologias para o monitoramento da qualidade da água.

Miranda et al (2016) realiza estudo a partir de censo dos dados pesqueiros coletados em desembarques no litoral paulista e disponibilizado ao usuário pelo Instituto de Pesca (IP) da Secretaria de Agricultura e Abastecimento. Os autores focam o monitoramento a partir da metodologia de amostragem para monitoramento o pesqueiro obedecendo aos pressupostos do IBGE, monitorando 196 portos e locais de desembarque pesqueiro. Agentes do órgão entrevistam os pescadores com pesquisa estruturada a partir do auto-registo e diários de bordo.

Tais manuscritos evidenciam: 1) que apesar da evolução do uso de tecnologias para o monitoramento da pesca, as anotações ainda tem sido utilizadas para o monitoramento pesqueiro; e; 2) há carência de estudos dessa natureza, pois o processo de evolução no uso de novos recursos tecnológicos para a atividade já se manifesta como uma possibilidade.

## 8. CONSIDERAÇÕES

A pesca vem enfrentando grandes desafios frente à sobrepesca e mudanças climáticas. Assim, promover o fortalecimento organizacional através atividades de capacitação, manejo de recursos, escoamento e comercialização da produção é ações

necessária. Estudos vêm demonstrando que o monitoramento pesqueiro é uma atividade importante para subsidiar o ordenamento pesqueiro e como ferramenta auxiliar na tomada de decisões para conservação dos estoques e avaliação de medidas em vigência.

Nos últimos anos, o monitoramento ganhou novos modelos tecnológicos, tais como monitoramento eletrônico de embarcações, sensoriamento remoto e aplicativos móveis. Entretanto, essas ferramentas e recursos ainda tem limitações quanto a sua popularidade dentre os pescadores. Algumas iniciativas pontuais, sobretudo do terceiro setor, tem tentado aproximá-las, entretanto esbarram na falta de continuidade de recursos, bem como limitações de ordem técnica e operacional para possibilitar, dentre outras coisas, a capacitação dos pescadores e pescadoras com as novas tecnologias. A utilização dos mencionados métodos manuais usados para registrar dados de captura, locais de pesca e informações relevantes ainda se mantém forte, muito em decorrência da própria cultura de algumas áreas, como é o caso da região do baixo Amazonas. Se por um lado, os chamados avanços tecnológicos têm iniciado um movimento com potencial promissor para fortalecer a estatística pesqueira, por outro, tem enfrentado entraves operacionais, culturais e logísticos.

Os registros digitais, a exemplo do aplicativo *Ictio*, podem representar uma solução prática para transferir automaticamente os dados, sem precisar digitalizá-los para softwares. Porém, os resultados apontados pela experiência liderada pelo Projeto Ciência Cidadã para a Amazônia, demonstraram que o uso se mostra mais exitoso para o público mais jovem, que possui maior habilidade para operar as tecnologias digitais (Prensky, 2001).

Outra nuance importante de ser considerada é a perspectiva do monitoramento participativo possibilitado através da participação ativa dos pescadores e pescadoras, que coletam e analisam os próprios dados de pesca. Essa perspectiva é fundamental, pois, independentemente do tipo de tecnologia usada, seja digital ou manual, necessita de pessoas engajadas, envolvidas e motivadas para registrar de forma real, as informações sobre a quantidade de peixes, espécie, tamanho, apetrecho.

Considera-se que a propagação das tecnologias oportunizar o acesso às mesmas, são atitudes necessárias para contribuir na identificação da sobrepesca e identificar a situação de determinadas espécies em ambientes aquáticos.

## REFERÊNCIAS

Águas Amazônicas, 2023. **Relatório Ictio dezembro de 2023**. Disponível em: < <https://pt.aguasamazonicas.org/relatorio-ictio-dez2023> >

Begossi, A. et al, **Filling gaps in the knowledge of grouper, especially Comb grouper (*Mycteroperca acutirostris*)**. Rio de Janeiro: Rev. Ambient. Água 17 (1). 2022. <https://doi.org/10.4136/ambi-agua.2774>

Bonfim, S. **Entre a sala de aula, o rio e o ciberespaço: tecnologias como recursos educativos e de conservação ambiental na Amazônia**. Santarém: UFOPA, 2021.

Bueno, A. S. et al, **Evaluation of water quality in fee-fishing ponds located in Guarapiranga's sub basin, Upper Tiete River basin, Sao Paulo State**. Braz. J. Biol. 2020 <https://doi.org/10.1590/1519-6984.204282>.

Coccia, B. C.; Watts, M. C. D. **A theory of the evolution of technology: Technological parasitism and the implications for innovation management.** Journal of Engineering and Technology Management, Accepted 15 November 2019. <https://doi.org/10.1016/j.jengtecman.2019.11.003>.

Flick, U. **Introdução à metodologia de pesquisa: um guia para iniciantes.** Porto Alegre: Penso, 2013.

ICTIO, 2019. **Visão Geral do acesso a dados Ictio.** Disponível em: [https://ictio.org/public/ictio\\_data\\_policy\\_pt\\_BR.pdf](https://ictio.org/public/ictio_data_policy_pt_BR.pdf).

Isaac, V. J.; Silva, C.O; Ruffino, M.L. **Pesca no Baixo Amazonas - a pesca e os recursos pesqueiros na Amazônia brasileira.** Manaus: IBAMA/ ProVárzea, 2005.

Mezzaroba, O; Monteiro, C. S. **Manual de metodologia da pesquisa no direito.** Saraiva, 2009.

Miranda, L. V. et al. **Survey sampling for fisheries monitoring in Brazil: implementation and analysis.** Brazil: J Oceanogr, 2016. <https://doi.org/10.1590/S1679-87592016132706404>.

Nolan, K. **Consideração sobre sistemas integrados de geoinformação pesqueira na Amazônia a partir da pesca comercial de lagos no Amazonas.** In: PALHETA. Pesca e territorialidades: contribuições para análise espacial da atividade pesqueira. 1. ed. Belém: GAPTA/UFPA, 2011.

Prensky, M. **Digital natives, digital immigrants.** Lincoln: MCB University Press, On The Horizon, Vol. 9 No. 6, outubro, 2001a.

Roos, A; Becker, E. L. **Educação Ambiental E Sustentabilidade.** Revista Eletrônica em Gestão, Educação e Tecnologia Ambiental. REGET/UFMS, 2012.

Ruffino, M. L. **Sistema integrado de estatística pesqueira para a Amazônia.** Pan-American Journal of Aquatic Sciences, 2008.

SAPOPEMA. **Monitoramento da pesca na várzea do Baixo Amazonas.** Alenquer, Pará: 2021.

Selwyn, N. **Education and Tecnology: key issues nd debates.** Londres: Bloomsbury, 2011.

Severino, A. J. **Metodologia do trabalho científico.** São Paulo: Cortez, 2007.

Silva, A. P. P. N; Souza, R. T; Vasconcellos, V. M. R. **O Estado da Arte ou o Estado do Conhecimento.** Educação. Porto Alegre, Porto Alegre, v. 43, n. 3, e37452, set. 2020

Silva, C. N; Sadeck, L. W. R. **Geoinformação na atividade pesqueira: uso de imagens de sensores remotos no monitoramento de recursos pesqueiros no litoral paraense.** In: PALHETA. Pesca e territorialidades: contribuições para análise espacial da atividade pesqueira. 1. ed. Belém: GAPTA/UFPA, 2011.

WCS, 2018. **Águas Amazônicas Busca Ideias Para Iniciativa de Ciência Cidadã.** Disponível em: [pt.aguasamazonicas.org](http://pt.aguasamazonicas.org). Acesso em 29 de outubro de 2020.

WFMF. **The living planet index (LPI) for migratory freshwater fish.** 2020. Disponível em [https://worldfishmigrationfoundation.com/wp-content/uploads/2020/07/LPI\\_report\\_2020.pdf](https://worldfishmigrationfoundation.com/wp-content/uploads/2020/07/LPI_report_2020.pdf).

# UM MAPEAMENTO SISTEMÁTICO DA LITERATURA SOBRE O USO DE JOGOS DIGITAIS PARA O APRIMORAMENTO DAS FUNÇÕES EXECUTIVAS NOS ANOS INICIAIS DO ENSINO FUNDAMENTAL

*Data de aceite: 02/10/2024*

### **Socorro Vânia Lourenço Alves**

Universidade Federal do Oeste do Pará  
(UFOPA)  
Santarém-Pará

CV: <http://lattes.cnpq.br/5899748919875432>  
ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-7556-851X>

### **Enoque Calvino Melo Alves**

Universidade Federal do Oeste do Pará  
(UFOPA)  
Santarém-Pará

CV: <http://lattes.cnpq.br/6855285777404570>  
ORCID: <https://orcid.org/0009-0009-3231-9706>

### **Carla Marina Costa Paxiúba**

Universidade Federal do Oeste do Pará  
(UFOPA)  
Santarém-Pará

CV: <http://lattes.cnpq.br/4567960128428255>  
ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-9062-6079>

### **Celson Pantoja Lima**

Universidade Federal do Oeste do Pará  
(UFOPA)  
Santarém-Pará

CV: <http://lattes.cnpq.br/8023221925416524>  
ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-8074-8566>

finalidade de delinear o panorama das pesquisas e investigações acadêmicas sobre o uso de jogos digitais para a estimulação das Funções Executivas (FEs) nos anos iniciais do ensino fundamental. Este período é crucial, uma vez que as FEs de crianças e adolescentes estão em pleno desenvolvimento. Essas funções desempenham um papel fundamental no controle de emoções, pensamentos e raciocínio diante de problemas, além de favorecerem a absorção de informações relevantes para o desenvolvimento dos indivíduos. Foram consultadas cinco bases de dados acadêmicas, com a busca por artigos publicados entre 2018 e 2024. Do total de 84 artigos identificados por meio dos descritores de busca, após a aplicação dos critérios de seleção, foram selecionados 21 artigos para análise. Os resultados obtidos indicam que os jogos digitais têm sido associados a melhorias nos aspectos cognitivos das FEs em crianças e adolescentes dos anos iniciais do ensino fundamental. No entanto, ainda se faz necessária a realização de investigações mais aprofundadas, incluindo pesquisas longitudinais que avaliem os efeitos positivos e negativos no processo de aprendizagem.

**PALAVRAS-CHAVE:** ensino fundamental; funções executivas; jogos digitais.

**RESUMO:** O presente estudo teve como objetivo realizar um mapeamento sistemático da literatura (MSL) com a

# A SYSTEMATIC LITERATURE MAPPING ON THE USE OF DIGITAL GAMES TO ENHANCE EXECUTIVE FUNCTIONS IN EARLY ELEMENTARY EDUCATION

**ABSTRACT:** The present study aimed to conduct a systematic mapping of the literature (SML) to delineate the landscape of research and academic inquiries regarding the utilization of digital games to enhance Executive Functions (EFs) in the early years of elementary education. This developmental stage is critical, as the EFs of children and adolescents are undergoing significant maturation. These functions are essential for regulating emotions, thoughts, and reasoning in response to challenges, as well as for facilitating the assimilation of pertinent information that contributes to individual development. Five academic databases were consulted, focusing on articles published between 2018 and 2024. From a total of 84 articles identified through the search descriptors, 21 articles were selected for analysis after the application of the established selection criteria. The findings indicate that digital games are associated with enhancements in the cognitive dimensions of EFs among children and adolescents in the early years of elementary education. Nevertheless, there remains a pressing need for more comprehensive investigations, including longitudinal studies that evaluate both the positive and negative impacts on the learning process.

**KEYWORDS:** elementary education; executive functions; digital games.

## 1. INTRODUÇÃO

Com o avanço das tecnologias da informação e comunicação (TIC), recursos digitais têm sido utilizados nos mais distintos contextos educacionais a fim de potencializar os processos de ensino e aprendizado. Voss *et al.* (2012) afirmam que a utilização de tecnologias digitais pode facilitar o aprendizado do aluno com atividades, exercícios e simulações que complementam a fixação dos assuntos abordados no contexto escolar.

Dentre as diversas tecnologias que vem ganhando destaque no contexto educacional, destacam-se os jogos digitais como ferramentas promissoras para melhorar as condições do aprendizado, transformando o ato de jogar em ato de aprender e ensinar (MEDEIROS *et al.*, 2013). Isso vem se tornando cada vez mais proeminente à medida que diversos estudos, através de avaliações empíricas, demonstram o valor destes recursos como mecanismos de ensino e aprendizagem (ZHI-HONG CHEN *et al.*, 2018; GWO-JEN HWANG *et al.*, 2012; JEMMALI, 2016).

Os jogos digitais são definidos por Juul (2018) como um sistema formal baseado em regras bem definidas, com um resultado variável e quantificável, no qual diferentes resultados são atribuídos por diferentes valores, onde o jogador sente-se vinculado e empenha esforço para alcançar objetivos claros, a fim de influenciar o resultado, e as consequências da atividade são opcionais e negociáveis. Na mesma perspectiva, Wouters *et al.* (2013) descrevem jogos digitais como um conjunto de componentes interativos e atividades desafiadoras, com objetivos bem estabelecidos, regras e restrições definidas.

Particularmente no campo de pesquisas sobre o uso de jogos digitais, existe um subgrupo específico de estudos que se dedica ao entendimento de como eles podem

favorecer o exercício das habilidades cognitivas do ser humano, definidas neste trabalho como as capacidades que tornam o sujeito competente e lhe possibilitam que interaja simbolicamente com o meio, incluindo a discriminação de objetos, a identificação e classificação de conceitos, a resolução de problemas e a aplicação de regras, as quais propiciam a estruturação contínua dos processos mentais (EMMERICH; BOCKHOLT, 2016). Dentre tais habilidades, um conjunto específico, as chamadas funções executivas (FEs), constitui o foco deste trabalho.

As FEs desempenham um papel fundamental em atividades diárias, como no simples ato de aprender, apoiando a realização destas com sucesso e eficácia, e envolvendo habilidades como a organização, planejamento, supervisão, resolução de problemas, tomada de decisões e absorção de informações (DA FONSECA, 2014). Os resultados de muitos estudos apontam que indivíduos que utilizam jogos possuem um melhor desempenho em muitas das habilidades que integram as funções executivas, quando comparados àqueles que não jogam (MARTINOVIC, 2016; ASBELL-CLARKE *et al.*, 2021; HOMER *et al.*, 2018; CARDOSO *et al.*, 2018). Afinal, na interação com um jogo digital o indivíduo é constantemente desafiado a analisar eventos, tomar decisões, resolver problemas, lembrar de sequências e objetos, entre outras requisições.

Compreendendo a necessidade de categorizar e aprofundar mais os conhecimentos sobre a aplicação de jogos digitais no contexto escolar do ensino fundamental (anos iniciais), para estimulação ou aprimoramento das funções executivas dos alunos desse nível e, conseqüentemente a melhoria do seu aprendizado, o presente estudo teve como objetivo realizar um mapeamento sistemático da literatura (MSL) para sumarizar as evidências científicas publicadas sobre o tema nos últimos 7 anos, no período de 2018 a 2024. O ano de 2018 foi escolhido como ponto de partida devido à publicação de Rachanioti, Bratitsis e Alevriadou (2018), que é um trabalho de relevância que iniciou as discussões sobre os efeitos do uso de jogos digitais para a estimulação das FEs de alunos com ou sem dificuldade de aprendizado, ressaltando a escassez de evidências substanciais sobre essa associação até aquele momento.

Ao iniciar o MSL tendo esse artigo como ponto de partida, busca-se delinear o panorama das pesquisas e investigações acadêmicas nessa área específica nos últimos anos, possibilitando uma caracterização mais completa e precisa das experiências do uso de jogos digitais para a estimulação das FEs nos anos iniciais do ensino fundamental, período em que as FEs das crianças e adolescentes estão em pleno processo de desenvolvimento, conforme as evidências nas neurociências. Segundo Mossmann *et al.* (2026), a estimulação dessas habilidades pode contribuir para um melhor êxito escolar e competência sócio emocional das crianças.

O conhecimento produzido por este MSL pode ajudar a subsidiar a decisão dos professores em utilizar a tecnologias de jogos em prol da aprendizagem, visando o

desenvolvimento cognitivo dos seus alunos, pode despertar nos desenvolvedores de jogos digitais a importância da observação dos fundamentos neuropsicopedagógicos da aprendizagem para a construção de jogos que de fato estimulem o desenvolvimento das habilidades que compõem as FEs e, por fim, pode ainda orientar os pesquisadores sobre as lacunas ainda existentes na área, sugerindo novos e promissores caminhos de pesquisa.

O artigo está estruturado como segue. A seção 2 apresenta os referenciais teóricos que fundamentam o MSL. A seção 3 descreve o protocolo do mapeamento sistemático e a seção 4 apresenta e discute os resultados relacionados às questões de pesquisa delineadas no estudo. Após são apresentadas as considerações finais, na seção 5 e as referências bibliográficas por fim.

## 2. REFERENCIAL TEÓRICO

Nesta seção são apresentados conceitos importantes que foram considerados para o desenvolvimento do mapeamento sistemática da literatura realizado neste presente estudo.

### 2.1. Jogos Digitais

Na sociedade moderna os jogos estão cada vez mais presentes no cotidiano das pessoas, assumem diversas formas e têm diferentes finalidades e propostas de entretenimento, abrangendo desde os formatos analógicos (como jogos físicos e de tabuleiros) aos digitais, mais atuais e presentes na cultura digital. Os jogos são definidos por Juul (2018) como um sistema formal baseado em regras bem definidas, com um resultado variável e quantificável, no qual diferentes resultados são atribuídos por diferentes valores, onde o jogador sente-se vinculado e empenha esforço para alcançar objetivos claros, a fim de influenciar o resultado, e as consequências da atividade são opcionais e negociáveis.

A função primária de um jogo é o entretenimento, proporcionado pela interação do jogador com a dinâmica e narrativa do jogo. Entretanto, há jogos desenvolvidos para objetivos diferentes da diversão, os chamados jogos sérios (SALAS, *et al.*, 2009), nos quais podem-se incluir os jogos educativos, os de reabilitação, simulação, de treinamento cognitivo (denominados de jogos cognitivos), entre outros. É importante ressaltar que as características de uma categoria de jogo podem ainda ser integradas com as características de outra, podendo-se ter, por exemplo, um jogo educativo que ao mesmo tempo que ensina, foca também no desenvolvimento de uma habilidade, como a atenção ou a memória de trabalho.

Os jogos sérios podem ser digitais (uso do computador) ou analógicos (físicos - tabuleiros) e agrupados em gêneros, como jogos de aventura, ação, quebra-cabeça, estratégias (SILVA *et al.*, 2009; PETRI, 2018). Nesse contexto, Djaouti, Alvarez e Jessel

(2011) desenvolveram um modelo para classificação de jogos sérios, que consistem em três aspectos: (1) *gameplay*: define a jogabilidade usada no jogo, podendo ser *game-based* (regras bem definidas, como Mario World) ou *play-based* (falta de objetivo, como Sim City); (2) propósito: indica o objetivo geral do jogo, que se divide em três tipos: (a) troca de mensagens (educativa, informativa, persuasiva e/ou subjetiva); (b) treinamento (melhora do desempenho cognitivo ou motor); e/ou (c) troca de dados (coleta de informações dos jogadores); e (3) escopo: indica o mercado (saúde, militares, educação, religioso, etc.) e público (profissionais e/ou estudantes).

Ballesteros *et al.* (2017) descrevem jogos digitais como ambientes dinâmicos, que possui um objetivo claro, como induzir os jogadores a aprender um conteúdo ou desenvolver habilidades cognitivas, tendo um enredo e envolvendo competição e recompensas, através de atividades desafiadoras com regras e restrições definidas.

Os jogos sérios digitais com fins educacionais apresentam objetivos pedagógicos, com foco no ensino de um determinado assunto e no auxílio do aprimoramento de competências e habilidades, como raciocínio espacial, concentração, definição de estratégias, memorização, autoconfiança, entre outros (PEREIRA JUNIOR; MENEZES, 2015). São bastante populares no ensino de crianças e adolescentes, por ser uma das mídias mais apropriadas para o paradigma educacional de Nativos Digitais.

A multiplicidade de características e possibilidades oferecidas pelos jogos digitais reforça a noção de que a interação com as tecnologias e mídias digitais acarreta mudanças cognitivas e essas experiências podem repercutir sobre as funções executivas, principalmente com as gerações mais jovens (PRENSKY, 2012).

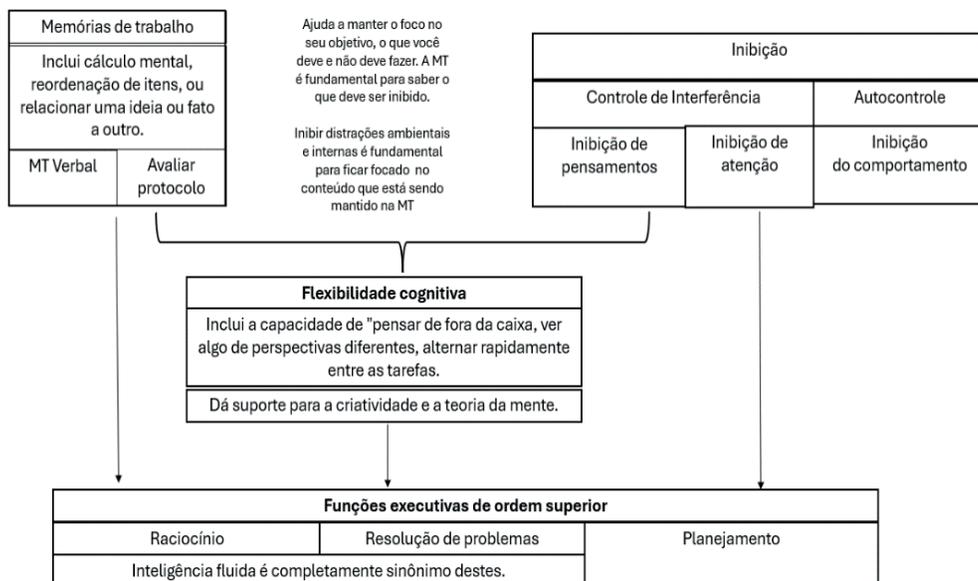
## 2.2. Funções executivas e o processo de aprendizagem

As Funções Executivas (FEs) estão relacionadas a um conjunto de habilidades cognitivas ou processos mentais, que de forma integrada, possibilitam o controle e a regulação do comportamento humano diante das demandas ambientais, no momento em que se tenta alcançar um fim de forma organizada, adaptativa e direcionada a metas (DIAMOND, 2013). Permitem a um indivíduo, por exemplo, manter atenção durante o tempo (concentração), direcionar comportamentos e metas, iniciar ações, inibir respostas comportamentais inadequadas para o contexto (autocontrole), mudar rapidamente de uma tarefa a outra, abstração e categorização de estímulos e eventos, manutenção da informação e sua manipulação para realizar uma tarefa, abandonar estratégias ineficientes a favor de outras mais eficientes, planejamento de estratégias de resolução de problemas (raciocinar), entre outros processos (MALLOY-DINIZ *et al.*, 2008) .

Nessa perspectiva, pode-se perceber que as FEs não são um construto unitário ou uma habilidade única, mas, sim, um conjunto de diversas habilidades que atuam no

processo executivo como um todo. À fim de compreendê-las, existem diferentes modelos para explicar a sua estrutura e o seu funcionamento, sendo o modelo de Diamond (2013) o mais difundido, conforme foi constatado na revisão da literatura empreendida neste presente estudo. No modelo de Diamond, conforme ilustrado na Figura 1, o conjunto de habilidades ligadas às FEs são divididas em funções executivas complexas, ou superiores, e funções executivas principais. Essas categorias são compostas por seis construtos, a saber: memória de trabalho, flexibilidade cognitiva, controle inibitório, planejamento, resolução de problemas e raciocínio.

Figura 1 – Modelo de Diamond das Funções Executivas



Fonte: Diamond (2013, p. 152)

A memória de trabalho é uma habilidade cognitiva que permite armazenar informações temporariamente e conseguir articulá-las mentalmente, integrando estímulos ambientais e conhecimentos prévios. A inibição ou controle inibitório refere-se à capacidade de controlar desejos e vontades para realizar uma ação mais adequada e contextualizada em determinado momento e relaciona-se com a manutenção da atenção para realizar uma tarefa. A flexibilidade cognitiva está ligada à habilidade de mudar ou alternar de objetivos durante a realização de uma tarefa, diante ao surgimento de imprevistos que inviabilizam o cumprimento do objetivo da tarefa.

A Figura 1 demonstra que a memória de trabalho, o controle inibitório e a flexibilidade cognitiva compõem as funções executivas principais, estando interrelacionadas de tal forma que o desempenho de uma habilidade afeta diretamente o da outra, e dão a base

para o desenvolvimento do raciocínio, da resolução de problemas e do planejamento. O planejamento é a habilidade para pensar em futuros eventos e antecipar mentalmente a maneira correta de realizar uma tarefa ou alcançar um objetivo específico. Já a resolução de problemas é a habilidade para chegar a uma conclusão lógica considerando algo desconhecido, e que pode envolver a escolha de uma entre várias alternativas em situações que incluam algum nível de incerteza.

As habilidades que compõem as funções executivas principais são consideradas conjuntamente, pois estão relacionadas a um mesmo agrupamento de regiões cerebrais. No entanto, não possuem fases e momentos fixos e precisos de desenvolvimento, pois cada elemento possui características desenvolvimentais próprias que ocorrem em momentos distintos. De modo geral, elas têm a infância como a sua fase de desenvolvimento mais intensa (MALLOY-DINIZ, 2018), aumentando gradativamente na adolescência até a fase adulta, quando atingem a sua maturação. Por exemplo, a habilidade de planejamento de resposta começa a se manifestar em crianças por volta dos 4 anos, cresce gradualmente e adquire importância, sobretudo durante os anos escolares; já a flexibilidade cognitiva começa a se desenvolver de forma mais simples em crianças por volta dos 2 anos e meio, e somente aproximadamente aos 4 ou 5 anos, torna-se mais refinada.

As habilidades ligadas às FEs estão diretamente ligadas ao sucesso escolar no processo de aprendizagem, uma vez que permitem que os alunos gerenciem seu tempo, organizem informações, controlem a atenção e concentração, tomem decisões e resolvam problemas. No entanto, quando essas funções não estão tão refinadas ou são pouco estimuladas, pode ocorrer problemas de ordem comportamental, emocional e/ou de processamento de informações, que podem gerar dificuldades no aprendizado. Por isso, é importante que as escolas e os professores promovam o exercício e o aprimoramento dessas habilidades em seus alunos, por meio de atividades lúdicas, uso de recursos e intervenções que ajudem no desenvolvimento delas.

Há evidências de que o funcionamento executivo desempenha um papel importante na aprendizagem durante a infância (BULL; SCERIF, 2001), uma vez que pode prever a capacidade de leitura e o desempenho em matemática (BORELLA *et al.*, 2010). Processos inibitórios têm sido implicados na leitura (DE BENI *et al.*, 1998), compreensão (DEMPSTER; CORKILL, 1999), aprendizagem de vocabulário e matemática (ESPY *et al.*, 2004). As habilidades de mudança têm sido associadas às habilidades de escrita e aritmética (HOOPER *et al.*, 2002).

Pesquisas sobre as FEs e o desenvolvimento de seus construtos em crianças têm discutido que apesar destas estarem presentes na mente desde o nascimento do indivíduo, podem ser estimuladas e melhoradas com a prática e o treinamento cognitivo. Existem evidências citadas na literatura que demonstram que atividades apoiadas por jogos digitais melhoram as habilidades que integram as FEs. Os jogos têm despontado, sob o ponto

de vista de vários estudiosos, como recursos promissores e que têm mostrado impacto positivo como forma de treinamento cognitivo, pois na interação com estas ferramentas a carga informativa é normalmente significativamente maior, os apelos sensoriais são multiplicados e tudo isso pode cooperar para que a atenção e o interesse do aluno sejam mantidos, promovendo a retenção e rápido processamento cognitivo das informações e, conseqüentemente, facilitando o aprendizado (SILVA *et al.*, 2019; CHAUDY; CONNOLLY, 2019).

Considerando a importância das FEs no desenvolvimento humano e suas implicações para a aprendizagem, as características dos jogos digitais e os indícios de que eles contribuem para o aprimoramento das funções executivas, este estudo apresenta na próxima seção o protocolo adotado para realizar um mapeamento sistemático da literatura sobre este tema nos últimos 7 anos.

### 3. PROTOCOLO

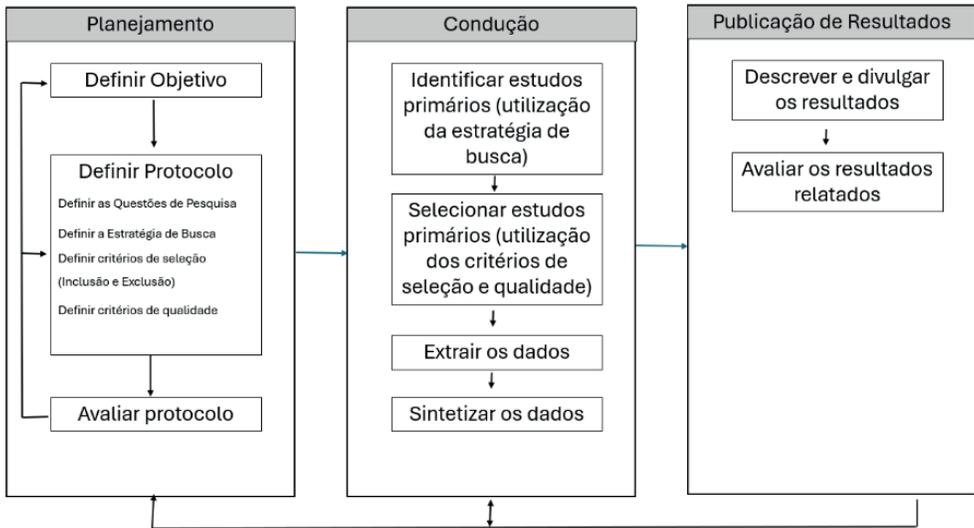
Esta seção descreve a execução de um Mapeamento Sistemático da Literatura (MSL) para a busca, organização e análise dos trabalhos relacionados a utilização de Jogos Digitais para aprimoramento das FEs no contexto escolar dos anos iniciais do ensino fundamental.

Um MSL ou revisão de escopo (*scoping review*) é utilizado quando não é necessário responder com profundidade questões de pesquisa específicas, mas sim dar uma visão geral mais ampla de determinada área (MOHER; SHEKELLE, 2015). Este tipo de estudo tem, em geral, um foco na categorização do tópico de pesquisa de interesse, mostrando, por exemplo, a frequência ou quantidade de publicações por categoria dentro de um determinado esquema. Desta forma, a cobertura de uma determinada área de pesquisa ou tópico pode ser determinada.

O MSL realizado neste estudo foi conduzido com base nas diretrizes originais propostas no protocolo de Kitchenham e Charters (2007), combinando a pesquisa automatizada utilizando *strings* de pesquisa em bibliotecas digitais com o método de *Snowballing* (WOHLIN, 2014), analisando estudos que são citados pelo estudo selecionado (*backward snowballing*) por meio do Portal de Periódicos da Capes.

As diretrizes de Kitchenham e Charters (2007) apresentam um protocolo, fundamentado em outros protocolos amplamente utilizados na pesquisa médica baseada em evidência, que é muito utilizado nas áreas da Engenharia e da Computação. Foi escolhido por sua completude e facilidade na condução de pesquisas, sendo constituído de várias atividades sistemáticas (Figura 2), que podem ser agrupadas em três fase principais: planejamento, condução e publicação dos resultados.

Figura 2 – Etapas do processo de Mapeamento Sistemático



Fonte: Elaboração própria (2024), adaptado de Kitchenham e Charters (2007)

Para melhor organização e elaboração do mapeamento sistemático optou-se por utilizar o software gratuito Parsifal<sup>1</sup>, uma ferramenta online gratuita. Baseado no protocolo de Kitchenham e Charters (2007), o software possibilita a inserção e visualização de dados dos artigos encontrados na busca, como autor, resumo, palavras-chave, entre outros. A busca de artigos foi realizada em fevereiro e março de 2024.

### 3.1. Planejamento

#### *Definição das Questões de Pesquisa*

O principal objetivo deste MSL é identificar os estudos mais relevantes que discutem o a utilização de Jogos Digitais para aprimoramento das FEs no contexto escolar dos anos iniciais do ensino fundamental, a fim de possibilitar a caracterização de como as intervenções com jogos digitais nesse cenário são estruturadas e avaliadas. Nesta perspectiva, o objetivo do MSL foi decomposto nas seguintes Questões de Pesquisa (QP):

- **QP1:** Qual o perfil geral dos estudos que articulam jogos digitais e a estimulação das FEs no contexto escolar dos anos iniciais do ensino fundamental?
- **QP2:** Quais são os efeitos relatados nos estudos no comportamento e desempenho dos alunos em decorrência do uso de jogos digitais no contexto escolar dos anos iniciais do ensino fundamental para a estimulação das FEs?
- **QP3:** Quais habilidades das FEs têm sido estimuladas nas intervenções que utilizam os jogos digitais no ensino fundamental?
- **QP4:** Quais jogos digitais têm sido utilizados na estimulação das FEs com alunos dos anos iniciais do ensino fundamental?

1. <https://parsif.al/>

### *Definição das Questões de Pesquisa*

O MSL utilizou duas *strings* de busca, uma com descritores na língua inglesa e outra com descritores na língua portuguesa. Esta estratégia foi empregada visando investigar o contexto nacional e internacional. Inicialmente, com o intuito de refinar e calibrar as *strings* de busca, uma pesquisa *ad-hoc* na literatura foi realizada em algumas bases de dados digitais, usando termos identificados a partir do conhecimento dos pesquisadores autores deste estudo. A seguir, a partir dos resultados retornados pelas bases pesquisadas, foram identificados os termos relevantes para as QP. Além disso, foram incluídos sinônimos para evitar a omissão de estudos relevantes.

A busca foi conduzida em todo o texto das publicações, não se restringindo apenas aos títulos. A string de busca na língua inglesa (string 1) foi estruturada no formato: (“*digital games*” OR “*serious games*” OR “*cognitive games*”) AND (“*executive functions*”) AND (“*elementary school*”). A organização dos termos de busca da string 1 levou em consideração as peculiaridades de cada base de busca devido às diferenças de sintaxe. Para a busca na língua portuguesa (string 2), optou-se exclusivamente pela utilização do Portal de Periódicos da Capes, em virtude da escassez de estudos relacionados ao aprimoramento das FEs através de jogos digitais disponíveis em bases de dados específicas em língua portuguesa. Essa escolha se fundamenta no fato de o Portal Capes ser uma plataforma de ampla abrangência, que indexa uma vasta gama de fontes acadêmicas, periódicos nacionais, proporcionando a vantagem de viabilizar uma busca mais abrangente por estudos relevantes em língua portuguesa. A string 2 foi: (“*jogos digitais*” OR “*jogos sérios*” OR “*jogos cognitivos*”) AND (“*funções executivas*”) AND (“*ensino fundamental*”).

Os termos “*serious games*/jogos sérios” e “*cognitive games*/jogos cognitivos” foram incluídos nas *strings* de busca devido a incidência destes na pesquisa *ad-hoc* realizada no início deste estudo pelos pesquisadores. Percebeu-se que são termos sinônimos utilizados para fazer referência a jogos digitais que são usados no contexto educacional e/ou que exercitam habilidades cognitivas diversas dos participantes dos estudos.

Para as *strings* os estudos foram selecionados nas bases de dados IEEE Xplore Digital Library, ACM Digital Library, Science@Direct, Scopus e o Portal de Periódicos da Capes. Em particular, as bases da Science@Direct e Scopus foram escolhidas por contarem com grande quantidade de trabalhos multidisciplinares, onde o tema da estimulação das funções executivas, com jogos ou não, aparece com frequência em outras áreas, como a medicina, psicologia, neuropsicologia, entre outras. A busca de artigos foi realizada em fevereiro e março de 2024. Em termos de filtros, foram considerados apenas os artigos publicados em língua inglesa ou portuguesa no período de 2018 a 2024.

### *Crêterios de Inclusão e Exclusão*

Foram aplicados os seguintes cr terios de inclusão:

**CI1:** Estudo apresenta técnicas, abordagens ou metodologias pedagógicas para a aplica o de jogos digitais para a estimula o e/ou aprimoramento das FEs em contexto dos anos iniciais do ensino fundamental;

**CI2:** Estudo apresenta resultados e impactos observados nas interven es em contexto escolar dos anos iniciais do ensino fundamental com o uso de jogos digitais para a estimula o das FEs;

**CI3:** Estudo apresenta desafios enfrentados pelos educadores na utiliza o dos jogos digitais na estimula o e melhoria das FEs;

**CI4:** Estudo publicado nos últimos 7 anos, de 2018 a 2024;

**CI5:** Estudo primário;

**CI6:** Estudo completo;

**CI7:** Estudo ter sido revisado por pares.

Os seguintes cr terios de exclusão foram aplicados aos artigos selecionados pelos mecanismos de busca das bases de dados:

**CE1:** Estudos duplicados, ou seja, mesmos autores, mesmo conteúdo e bases diferentes. No caso de duplica o, prevaleceu o artigo mais atual;

**CE2:** Estudos provenientes de literatura cinzenta, isto  , trabalhos que não são oficialmente publicados e que não passam por nenhum tipo de controle editorial, revisão científica ou comercial, como capítulos de livros, relatórios e normas técnicas, páginas da internet, trabalhos de conclusão de curso, teses e disserta es;

**CE3:** Capas de anais de conferência, propostas de pesquisas que não demonstram nenhum tipo de resultado, *keynotes* de conferências que não apresentam texto com reflexões sobre o tema, proposta de sessões para congressos, informa es sobre autores, notas dos editores;

**CE4:** Estudos de revisão ou mapeamento sistemático;

**CE5:** Estudo que trata de jogo digital e FEs, mas não se refere a interven es no contexto escolar;

**CE6:** Estudo em que as FEs não são o foco do estudo, apenas são mencionadas no texto.

O artigo que apresentou pelo menos um cr terio de exclusão foi considerado "excluido".

## Crítérios de avaliação da qualidade dos estudos

A qualidade de um mapeamento sistemático depende da validade dos estudos incluídos nele. Nesta fase é importante considerar todas as possíveis fontes de erro (*bias*), que podem comprometer a relevância do estudo em análise. Neste sentido, Dyba e Dingsøyr (2008) apresentam e discutem 11 critérios de avaliação que foram utilizados neste estudo (Quadro 1).

Quadro 1 - Critérios de avaliação da qualidade

Critérios	Descrição
QA1	O estudo está baseado em pesquisas empíricas ou em relatos de experiência com base em relatórios ou na opinião de especialistas?
QA2	Existe uma definição clara dos objetivos da pesquisa?
QA3	Existe uma descrição adequada do contexto em que a pesquisa foi realizada?
QA4	O planejamento da pesquisa foi adequado para abordar os objetivos da pesquisa?
QA5	A estratégia de extração de dados foi adequada aos objetivos da pesquisa?
QA6	Havia um grupo de controle com o qual pudesse comparar tratamentos?
QA7	Os dados foram coletados de forma que abordasse as questões de pesquisa?
QA8	A análise dos dados foi suficientemente rigorosa?
QA9	Será que a relação entre pesquisador e participantes foi considerada um grau adequado?
QA10	Existe uma indicação clara dos resultados?
QA11	É o estudo de valor para pesquisa ou prática?

Fonte: Elaboração própria (2024).

No mapeamento, os dois primeiros critérios foram utilizados para excluir estudos que não indicavam claramente os objetivos da pesquisa. Isto representa o limiar mínimo de qualidade que foi observada durante este MSL. Os critérios restantes foram empregados para determinar o rigor, análise e credibilidade dos métodos de pesquisa empregados, bem como a relevância e a qualidade de cada estudo para este mapeamento. Com o objetivo de testar a validade do procedimento de avaliação de qualidade, os mesmos critérios foram avaliados por um segundo pesquisador, que utilizando a mesma amostra dos artigos selecionados, avaliou a qualidade destes com base nos critérios de avaliação de qualidade definidos.

## 3.2. Condução do Mapeamento

### *Identificação e seleção de estudos primários*

O MSL teve início em fevereiro de 2024. A busca inicial para a *string* 1 e *string* 2 resultou em um total de 84 estudos potenciais (Quadro 2), excluindo-se artigos que estavam duplicados.

Quadro 2 – Resultados da busca automatizada

	<b>Base</b>	<b>Qtd Estudos</b>
	ACM	2
	IEEE	1
<b>String 1</b>	Science Direct	23
	Scopus	3
	Portal de Periódicos da CAPES	53
<b>String 2</b>	Portal de Periódicos da CAPES	2
	<b>Total</b>	<b>84</b>

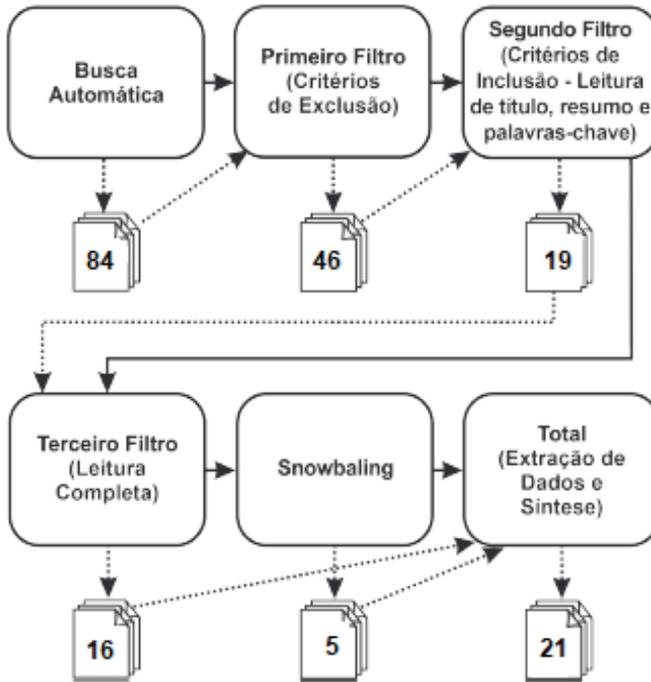
Fonte: Elaboração própria (2024).

A aplicação dos critérios de exclusão nos 84 estudos iniciais resultou na exclusão de 38 estudos, restando 46. Em seguida, os principais campos de identificação dos 38 estudos foram lidos visando atender aos critérios de inclusão, resultando na exclusão de 27 estudos e restando 19 para a leitura completa. Posteriormente, foi realizado um terceiro filtro de seleção com a leitura completa dos 19 estudos, resultando na exclusão de 3 estudos e seleção de 16 (dezesseis) estudos para a etapa de extração de dados.

Após a conclusão das etapas anteriores, a etapa de *snowballing* foi realizada com o intuito de enriquecer o estudo através de novas buscas para seleção de artigos relevantes, sendo esta realizada exclusivamente por meio da plataforma do Portal de Periódicos da Capes. A técnica de *snowballing* se propõe a usar a lista de referência de um artigo ou citações para identificar novos documentos e complementá-las de maneira sistemática (WOHLIN, 2014). No presente estudo foi realizada somente a etapa de *backward snowballing*, que executou buscas através das referências dos 16 artigos selecionados.

Na etapa de *backward snowballing*, os mesmos critérios de inclusão/exclusão usados na análise anterior foram aplicados, resultando na adição de 5 artigos. Sendo assim, o total da amostra utilizada no presente estudo foi de 21 artigos. A Figura 3 apresenta o resultado final da condução deste MSL.

Figura 3 – Iterações do Mapeamento Sistemático



Fonte: Elaboração própria (2024).

### *Extração de dados*

A extração de dados foi realizada em dupla por pesquisadores independentes, para a minimização do erro. De cada estudo foram extraídos os seguintes dados: autor(es), ano de publicação, título, número de participantes envolvidos. Ainda, procedeu-se com a leitura completa do artigo para responder às QP propostas. Os vinte e um estudos identificados pelo mapeamento sistemático podem ser visualizados no Quadro 3.

Quadro 3 – Estudos primários resultantes da busca automática

Bases de Dados	ID	Anos	Títulos
ACM	EP01	2018	Cognitive games for children's Executive Functions Training with or without learning difficulties: an Overview
IEEE	EP02	2019	A Cognitive-Sensory-Motor Gamepad for Therapy of Children with ADHD
SCIENCE DIRECT	EP03	2019	Young adults learning executive function skills by playing focused video games
	EP04	2023	Board game-based intervention to improve executive functions and academic skills in rural schools: A randomized controlled trial
SCOPUS	EP05	2024	Design of a video game for assessment of executive functions in deaf and hearing children
PORTAL PERIÓDICOS CAPES	EP06	2018	Jogos digitais na Escola: aprimorando a atenção e a flexibilidade cognitiva
	EP07	2018	Habilidades cognitivas e o uso de jogos digitais na escola: a percepção das crianças
	EP08	2019	Can digital games in school improve attention? A study of Brazilian elementary school students
	EP09	2019	Intervenções com jogos em contexto educacional: contribuições às funções executivas
	EP10	2019	Jogos Digitais e as funções executivas na infância: Alternativas à diversidade do Currículo
	EP11	2019	Activating adolescents' "hot" executive functions in a digital game to train cognitive skills: The effects of age and prior abilities
	EP12	2020	Effects of game-based and standard executive control training on cognitive and academic abilities in elementary school children
	EP13	2020	Jogos digitais e gamificação: intervenção para o aprimoramento das funções executivas
	EP14	2020	Intervenção com exergames: efeitos sobre as funções executivas de crianças em idade escolar. Cenário de aprendizagem: um guia para execução de situações didáticas com um jogo destinado a estimulação de habilidades cognitivas para o controle inibitório
	EP15	2020	Jogos cognitivos na escola: percepção das crianças sobre o aprimoramento das funções executivas
	EP16	2021	Jogos cognitivos na escola: percepção das crianças sobre o aprimoramento das funções executivas
	EP17	2021	Programa com jogos de raciocínio para adolescentes em situação de dependência de substâncias psicoativas
	EP18	2022	The Effect of 2D and 3D Action Video Game Interventions on Executive Functions in Male Students
	EP19	2022	Programa lúdico de intervenção para as funções executivas: estratégias baseadas em games na escola
	EP20	2023	Designing for Executive Functions: Exploring Design Issues and Preschool-Aged Children's Characteristics Through Digital Games
	EP21	2023	The Long and Winding Road to Real-Life Experiments: Remote Assessment of Executive Functions with Computerized Games-Results from 8 Years of Naturalistic Interventions

Fonte: Elaboração própria (2024).

## 4. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Esta seção descreve a execução de um Mapeamento Sistemático da Literatura (MSL) para a busca, organização e análise dos trabalhos relacionados a utilização de Jogos Digitais para aprimoramento das FEs no contexto escolar dos anos iniciais do ensino fundamental.

### 4.1. QP1 – Perfil das Pesquisas

O conjunto de estudos selecionados mostra que a articulação de jogos digitais e FEs envolvem diferentes faixas etárias do ensino fundamental I (anos iniciais), entre 6 e 11 anos de idade. Na maioria dos estudos a faixa etária mostrou-se independente do componente executivo estudado, porém a atenção e o controle inibitório foram as habilidades que mais apareceram associadas a esse nível de ensino.

Quanto ao objetivo, os estudos foram classificados como conceituais, empíricos e propostas de protótipo/pesquisa. A partir da análise dos 21 estudos selecionados, foram

identificados 13 trabalhos empíricos, 3 trabalhos considerados como conceituais e apenas 3 trabalhos oriundos de propostas de protótipo ou pesquisa (Quadro 4). Estes dados evidenciam a escassez de trabalhos que apresentam propostas de desenvolvimento de jogos ou de abordagens que relacionam jogos digitais com FEs, com um aumento cada vez mais crescente de estudos que apresentam evidências empíricas de cunho mais observacional e experimental.

Quadro 4 – Perfil dos estudos analisados no MSL

<b>Tipo do Estudo</b>	<b>Quantidade de Trabalhos</b>	<b>Porcentagem</b>
Conceituais	5	24%
Empíricos	13	62%
Propostas de protótipo/pesquisa	3	14%

Fonte: Elaboração própria (2024).

Os estudos conceituais apresentaram discussões teóricas sobre o tema, normalmente contendo argumentações baseadas em análise documental ou expressando opiniões baseadas em experiências. Estas discussões incluíam a manifestação de um ponto de vista e revisões da literatura (EP01; EP03; EP06; EP10, EP20).

Os estudos empíricos selecionados trouxeram evidências concretas e observações diretas sobre a efetividade dos jogos digitais sobre as FEs (EP02; EP04; EP07; EP08; EP09; EP11; EP12; EP13; EP14; EP16; EP17; EP18; EP21), alguns aprofundando a discussão a nível de ganhos de desempenho no processo e aprendizagem, como o EP4 e EP14. Porém, nenhum deles fez a associação do uso dos jogos digitais com os fundamentos teóricos de aprendizagem, como a teoria do fluxo, construtivismo, aprendizagem significativa ou outros, aspecto de suma importância quando uma ferramenta é introduzida no ambiente escolar com a proposta de trazer ganhos para os processos de ensino e de aprendizagem. Quanto ao desenho dos estudos pertencentes a essa categoria, geralmente envolviam a execução de experimentos controlados ou quase-experimentos com crianças/adolescentes, divididos em grupo participante e controle, e que utilizavam tanto a abordagem quantitativa como a qualitativa para a avaliação dos resultados das intervenções.

Na última categoria foram agrupados os estudos que apresentaram o desenvolvimento de um jogo visando a estimulação das FEs ou que faziam a proposição de uma nova abordagem para a integração de jogos e as FEs (EP05; EP15; EP19).

## 4.2. QP2 – Efeitos do uso de jogos digitais na estimulação das FEs dos alunos

Em geral, os estudos relatam diversos ganhos tanto a nível de aspectos comportamentais quanto cognitivos nos alunos que são submetidos ao tratamento com jogos cognitivos. Aspectos cognitivos que interferem no processo de aprendizagem e na própria formação integral dos alunos foram muitos citados nos estudos, destacando-se a atenção, a autonomia, a persistência e a concentração como exemplos de mudanças mais proeminentes (EP08; EP07; EP10).

Em EP08, os jogos utilizados exigiram planejamento para a ação, tomada de decisão e o exercício da resolução de problemas. O autocontrole e a paciência também foram exercitados durante o uso dos jogos, uma vez que as crianças precisavam esperar sua vez para jogar, necessitando lidar com a frustração de perder ou com a alegria de ganhar.

EP06 relata uma melhora significativa ao longo do tempo na realização de atividades e capacidade de concentração quando os participantes eram submetidos a sessões com jogos que estimulavam a memória de trabalho e a atenção. Os participantes foram avaliados pré e pós intervenção, por meio da aplicação coletiva dos testes realizadas em sala de aula.

Os resultados do estudo EP18 mostraram que todos os indicadores dos participantes da intervenção após o treinamento melhoraram significativamente, e o experimento provou que o treinamento em jogos educacionais digitais pode efetivamente melhorar o raciocínio criativo dos alunos na primeira série do ensino fundamental.

Ainda com relação aos efeitos positivos dos jogos sobre as FEs, EP18 e EP12 ressaltam que além de auxiliar no desenvolvimento de aspectos cognitivos dos sujeitos como característica principal, os jogos digitais possibilitam que os próprios jogadores participem de maneira ativa da sua aprendizagem, tornando esse processo mais agradável, interessante e motivador. Isso ampliou as interações sociais entre os participantes, gerou mais capacidade de autonomia e maturidade.

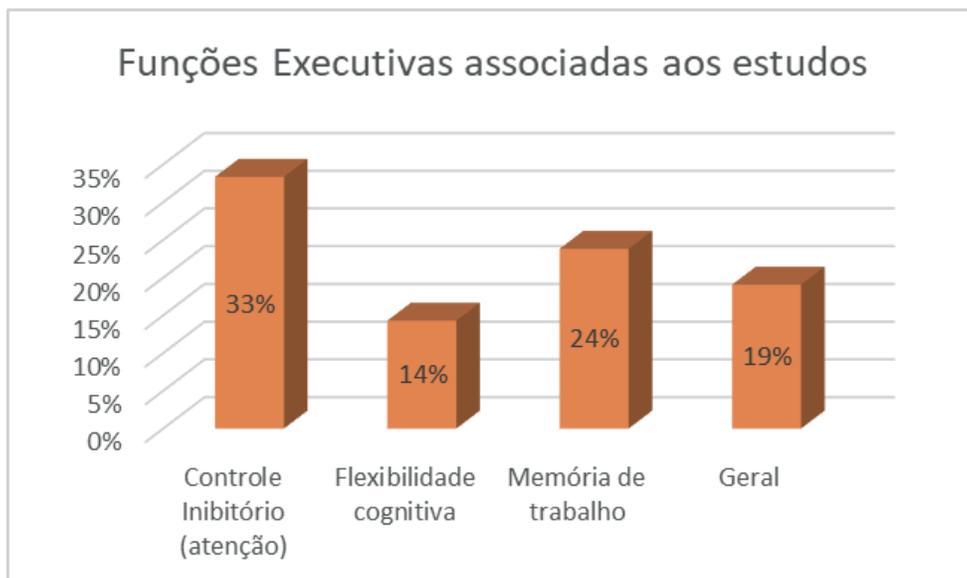
Para uma visualização mais ampla, a Figura 4 apresenta uma nuvem de palavras destacando os principais termos encontrados nos estudos quando mencionados os efeitos positivos encontrados no processo de ensino e aprendizagem quando os alunos utilizam jogos digitais.



frequentemente exercitadas em um jogo digital melhora o desempenho em tarefas que compartilham características e habilidades similares. Em EP01, EP02, EP04, EP05, EP08, EP11, EP12, EP16, EP18 e EP21, foram citadas diferentes habilidades cognitivas, o que demonstra que os jogos digitais podem ser desenvolvidos para avaliar ou estimular componentes diversos das FEs, à exceção dos estudos EP06, EP08, EP15 e EP20 que focaram na observação dos resultados do uso dos jogos sobre habilidades específicas: controle inibitório e flexibilidade cognitiva. Portanto, há também a possibilidade inversa, a partir da dinâmica requerida pelo jogo, identificar quais componentes das FEs se deseja exercitar.

Tomando como base os três componentes principais das FEs (controle inibitório, memória de trabalho e flexibilidade cognitiva) citados por Diamond (2013), as características e as habilidades descritas associadas a cada componente foram analisadas e agrupadas. Aquelas que divergiam destes, fazendo parte das FEs de nível superior ou não declaradas, foram mantidas em grupo a parte, evitando viés e respeitando a terminologia utilizada pelos estudos analisados. O Gráfico 1 apresenta os percentuais dos grupos de FEs encontrados nos estudos, sendo “Geral” (19%) aquelas habilidades que foram citadas, mas que não estão diretamente ligadas a nenhum dos três componentes principais das FEs, mas que apresentaram expressividade nos estudos.

Gráfico 1 – Distribuição das FEs presentes nos estudos do MSL



Fonte: Elaboração própria (2024).

#### 4.4. QP4 – Jogos digitais citados nos estudos

Considerando a QP4, o MSL identificou um total de treze estudos que descreveram ou apenas citaram tecnologias de jogos digitais que foram ou que podem ser utilizadas em intervenções para a estimulação de FEs em crianças/adolescentes que frequentam o ensino fundamental. Com o objetivo de fornecer uma visão mais clara sobre os estudos correlatos à QP4, foi elaborada o Quadro 5.

Quadro 5 – Jogos digitais identificados no MSL usados no estímulo às FEs

Estudo	Jogos
EP01	Lumosity
	Cognifit
	Cogmed
	BrainWare
	C8 sciences-ACTIVATE
	LearningRx
	BrainHQ
	Braingame Brian
	The Brain Train
	Project EVO
EP02	Gamepad Cognitivo-Sensorial-Motor
EP03	Lumosity (suite com vários minigames)
	Cogmed
EP04	All You an ET
	Gwakkamole
	Crush Station
EP06	Cogmed
	Happy Neuron
	Brain HQ
	Fast For Word
	Escola do Cérebro (vários minigames)
EP07	Minigames da Escola do Cérebro
EP08	Escola do Cérebro (vários minigames)
EP09	não citado
EP10	Brain Training
	Brain Gym
EP11	Escola do Cérebro (vários minigames)
EP12	Escola do Cérebro (vários minigames)
EP13	All You Can E.T. (versão quente e emocional)
EP14	não citado
EP15	Escola do Cérebro (vários minigames)
EP16	Kinect Sports1(Modalidade: Atletismo e futebol)
	Kinect Sports 2 (Esqui, Tênis e Dardo)
	Kinect adventure
	As Incríveis Aventuras de Apollo e Rosetta no Espaço

Fonte: Elaboração própria (2024).

Nem todos os estudos atribuíram um nome ao jogo utilizado na intervenção de pesquisa. Alguns jogos foram construídos especificamente para o estudo das FEs nas publicações analisadas (EP13, EP16).

## 5. CONSIDERAÇÕES FINAIS

A análise das pesquisas publicadas sobre a temática demonstra que a relação dos jogos digitais com o funcionamento cerebral vem sendo estudada para diversos fins e por diferentes áreas do conhecimento, destacando-se com maior ênfase a educação, saúde e psicologia, que podem trabalhar de forma interdisciplinar. A troca de conhecimentos e experiências entre os profissionais dessas áreas distintas favorece o entendimento de conceitos, informações e considerações que para o outro pode não ser trivial.

Quanto à terminologia e classificações houve divergências tanto no tipo dos jogos digitais quanto das funções executivas. A falta de consenso entre os pesquisadores pode indicar caráter inovador e atual da temática ou baixa interdisciplinaridade nos grupos de pesquisa.

Majoritariamente os estudos encontrados estão voltados ao papel do uso dos jogos digitais sobre as funções executivas, seus efeitos e ao uso deles como instrumentos de treinamento e avaliação dessas funções. Os autores apontam que o próprio ambiente escolar oferece condições que potencializam as contribuições que o uso dos jogos digitais pode proporcionar. O uso em sala de aula pode agregar as interações sociais que tendem a ocorrer nesse espaço, que supõe regras, auxílio mútuo, colaboração e respeito, o que pode favorecer ainda mais o desenvolvimento das funções executivas, como autorregulação e autocontrole, que interferem nas interações sociais presentes e futuras.

O número pequeno de estudos que tratam especificamente sobre a relação jogos digitais e FEs no contexto particular das séries iniciais do ensino fundamental alerta para a importância de programas e ações que promovam as funções executivas já no início da vida escolar, com intuito de melhorar o desempenho, reduzir comportamentos impulsivos, aumentar a capacidade atencional e de resolução de problemas. Apesar do cérebro ter como característica a plasticidade é no período da infância que o desenvolvimento executivo é mais proeminente. Há a necessidade de estudos longitudinais sistemáticos sobre o que acontece com a aprendizagem em crianças/adolescente que utilizam computadores e jogam frequentemente, pois essas interações criam alternativas de comunicação e possibilidades diferenciadas de acesso à informação. No entanto, é importante não ignorar os efeitos negativos que o excesso de qualquer tipo de atividade pode causar para o desenvolvimento cognitivo e social do ser humano.

Por fim, as contribuições do uso dos jogos digitais para o aprimoramento das funções cognitivas podem contribuir para que a escola desempenhe sua função emancipatória e

inclusiva. Isso porque crianças com dificuldades relacionadas às funções executivas acabam se beneficiando mais do uso dos jogos, o que oferece a possibilidade de alcançarem níveis próximos de seus pares, com a garantia de melhores condições de aprendizagem.

## REFERÊNCIAS

ASBELL-CLARKE, J., Rowe, E., Almeda, V., Edwards, T., Bardar, E., Gasca, S., et al. 2021. The development of students' computational thinking practices in elementary and middle-school classes using the learning game, zoombinis. *Computers in Human Behavior*, 115, Article 106587.

BALLESTEROS, Soledad; MAYAS, Julia; PRIETO, Antonio; RUIZ-MARQUEZ, Eloísa; TORIL, Pilar; REALES, José. 2017. Effects of Video Game Training on Measures of Selective Attention and Working Memory in Older Adults: Results from a Randomized Controlled Trial. *Frontiers in aging neuroscience*, v. 9, p. 354.

BORELLA, E., CARRETTI, B., RIBOLDI, F., DE BENI, R. 2010. Working memory training in older adults: evidence of transfer and maintenance effects. *Psychology and Aging*, 25, 4 (2010), 767-778. DOI= <https://doi.org/10.1037/a0020683>.

BULL, R. & SCERIF, G. 2001. Executive functioning as a predictor of children's mathematics ability: Inhibition, switching, and working memory. *Developmental Neuropsychology*, 19, 3 (2001), 273-293. DOI= [https://doi.org/10.1207/S15326942DN1903\\_3](https://doi.org/10.1207/S15326942DN1903_3).

CARDOSO, C.D.O., Dias, N., Senger, J., Colling, A.P.C., Seabra, A.G., Fonseca, R.P. 2018. Neuropsychological stimulation of executive functions in children with typical development: a systematic review. *Appl. Neuropsychol. Child* 7(1), 61–81. <https://doi.org/10.1080/21622965.2016.1241950>.

CHAUDY, Y.; CONNOLLY, T. 2019. Specification and evaluation of an assessment engine for educational games: Integrating learning analytics and providing an assessment authoring tool". In: *Entertainment Computing*, v. 30, p. 1-16.

CHEN, ZHI-HONG; HAO-JAN CHEN, HOWARD; AND DAI, WAN-JHEN. 2018. Using narrativebased contextual games to enhance language learning: A case study. *Journal of Educational Technology & Society* 21, 3 (2018), 186–198.

DA FONSECA, V. 2014. Papel das funções cognitivas, conativas e executivas na aprendizagem: uma abordagem neuropsicopedagógica. *Rev. Psicopedagogia*, São Paulo, v. 31, n. 96, p. 236-253.

DE BENI, R., PALLADINO, P., PAZZAGLIA, F., CORNOLDI, C. 1998. Increases in intrusion errors and working memory deficit of poor comprehenders. *The Quarterly Journal of Experimental Psychology Section A*, 51, 2 (1998), 305-320. <https://doi.org/10.1080/71375576>.

DEMPSTER, F. N., & CORKILL, A. J. 1999. Interference and inhibition in cognition and behavior: Unifying themes for educational psychology. *Educational Psychology Review*, 11(1), 1-88. DOI= <https://doi.org/10.1023/A:1021992632168>

DIAMOND, A. 2013. Executive functions. *Annual Review of Psychology*, v. 64, p. 135-68.

DJAOUTI, D.; ALVAREZ, J.; JESSEL, P. 2011. Classifying serious games: the G/P/S model. In: *Handbook of research on improving learning and motivation through educational games: Multidisciplinary Approaches*, p. 118-136.

- DYBA, T.; DINGSØYR, T. 2008. Empirical Studies of Agile Software Development: A Systematic Review". In: *Information and Software Technology*, v.51, p. 833–859.
- EMMERICH, K.; BOCKHOLT, M. 2016. Serious Games Evaluation: Processes, Models, and Concepts. In: *Entertainment Computing and Serious Games. Lecture Notes in Computer Science*, v. 9970, Springer, Cham, p. 265-283.
- ESPY, K.A., MCDIARMID, M.M., CWIK, M.F., STALETS, M.M., HAMBLY, A., Senn, T.E. 2004. The contribution of executive functions to emergent mathematics skills in preschool children. *Developmental Neuropsychology*, 26, 1 (2004), 465-486. DOI= [https://doi.org/10.1207/s15326942dn2601\\_6](https://doi.org/10.1207/s15326942dn2601_6).
- HOMER, Bruce D. et al. 2018. Improving high school students' executive functions through digital game play. *Computers & Education*, v. 117, p. 50-58, 2018. Disponível em <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0360131517302154>.
- HOOPER, S.R., SWARTZ, C.W., WAKELY, M.B., DE KRUIF, R.E., MONTGOMERY, J.W. 2002. Executive functions in elementary school children with and without problems in written expression. *Journal of Learning Disabilities*, 35, 1 (2003), 57-68. DOI= <https://doi.org/10.1177/002221940203500105>.
- HWANG, GWO-J; SUNG, HAN-YU; HUNG, CHUN-MING; HUANG, IWEN; AND TSAI, CHIN-CHUNG. 2012. Development of a personalized educational computer game based on students' learning styles. *Educational Technology Research and Development* 60, 4 (2012), 623–638.
- JEMMALI, CHAIMA. 2016. May's Journey: A serious game to teach middle and high school girls programming. (2016).
- JUUL, J. 2018. The Game, the Player, the World: Looking for a Heart of Gameness. *Plurais Revista Multidisciplinar*, v. 1, n. 2, 22 ago. 2018. p. 248-270.
- KITCHENHAM, BARBARA; CHARTERS, STUART. 2007. Guidelines for performing Systematic Literature Reviews in Software Engineering. Technical Report EBSE 2007-001, Keele University and Durham University Joint Report.
- MALLOY-DINIZ, L. F. 2018. Avaliação neuropsicológica. 2. ed. Porto Alegre: Artmed.
- MARTINOVIC, D., BURGESS, G. H., POMERLEAU, C. M., & MARIN, C. 2016. Computer games that exercise cognitive skills: What makes them engaging for children? *Computers in Human Behavior*, 60, 451–462. <https://doi.org/10.1016/j.chb.2016.02.063>.
- MEDEIROS, T. J., SILVA, T. R. S., ARANHA, E. HENRIQUE. 2013. Ensino de programação utilizando jogos digitais: uma revisão sistemática da literatura. *RENTE*, v. 11, n. 3.
- MOHER, David; STEWART, Lesley; SHEKELLE, PAUL. 2015. All in the family: systematic reviews, rapid reviews, scoping reviews, realist reviews, and more. 2015. *Systematic Reviews*, vol. 4, no. 168.
- PEREIRA JUNIOR, H. A.; MENEZES, C. S. 2015. Modelo para um Framework Computacional para Avaliação Formativa da aprendizagem em jogos digitais. In: *Anais do SBGames*, p. 819-828.
- PETRI, GEAN. 2018. A method for the evaluation of the quality of games for computing education". Tese (Doutorado em Ciência da Computação) - CT, UFSC, p. 1-335.

PRENSKY, M. 2012. Aprendizagem baseada em jogos digitais São Paulo: SENAC.

RACHANIOTI, ELENI; BRATITSIS, THARRENOS; AND ALEVRIADOU, ANASTASIA. 2018. Cognitive games for children's Executive Functions Training with or without learning difficulties: an Overview. In Proceedings of the 8th International Conference on Software Development and Technologies for Enhancing Accessibility and Fighting Info-exclusion (DSAI '18). Association for Computing Machinery, New York, NY, USA, 165–171. <https://doi.org/10.1145/3218585.3218665>

SALAS, E.; ROSEN, M. A.; HELD, J. D.; WEISSMULLER, J. J. 2009. Performance measurement in simulation-based training: a review and best practices. In: *Simul. & Gam.*, v. 40, p. 328–376.

SILVA, Eliene Dias da; JESUS, Zilma Santos de; LEITE, Ederson Wilker Figueiredo. 2019. O uso de jogos educacionais e atividades lúdicas, através de caça-palavras para alunos em processo de alfabetização. I SIMPÓSIO INTERNACIONAL E IV NACIONAL DE TECNOLOGIAS DIGITAIS NA EDUCAÇÃO, São Luiz. Anais... São Luiz, MA: UFMA, 2019. p. 4869-4877.

SILVA, M. P. R.; COSTA, P. D. P.; PRAMPERO, P. S.; FIGUEIREDO, V. A. 2009. Jogos Digitais: definições, classificações e avaliação. Introdução aos jogos digitais, UNICAMP.

VOSS, G. B., Medina, R. D., Amaral, E. M. H., Araújo, F. V., Nunes, F. B., Oliveira, T. B. 2012. Proposta de utilização de laboratórios virtuais para o ensino de Redes de Computadores: Articulando ferramentas, conteúdos e possibilidades. (Fase I). In: *Revista Novas Tecnologias na Educação (RENOTE)*, v.10, n.2, p.1-10.

WOHLIN, C. 2014. Guidelines for snowballing in systematic literature studies and a replication in software engineering. In Proceedings of the 18th international conference on evaluation and assessment in software engineering. 1–10.

WOUTERS, O., Van Nimwegen, C., Van Der Spek, E., Van Oostendorp, H. 2013. A meta-analysis of the cognitive and motivational effects of serious games. *Journal of Educational Psychology*, 105(2), 249-265.

# PERSPECTIVAS DE FORTALECIMENTO DA CADEIA DE VALOR DO AÇAÍ DE BASE AGROEXTRATIVISTA NO MURUMURU NO LAGO MAICÁ PELO COMPARTILHAMENTO DE TECNOLOGIAS DESENVOLVIDAS NO BIOMA AMAZÔNIA E CERRADO

*Data de aceite: 02/10/2024*

### **Wanderley Rocha da Silva**

Universidade Federal do Oeste do Pará  
(UFOPA)

Santarém-Pará

CV: <http://lattes.cnpq.br/7585033442825158>

ORCID: <https://orcid.org/0009-0002-2078-9777>

### **Thiago Almeida Vieira**

Universidade Federal do Oeste do Pará  
(UFOPA)

Santarém-Pará

CV: <http://lattes.cnpq.br/4121093782754551>

ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-9926-2606>

### **Paulo Campos Christo Fernandes**

Embrapa Cerrado  
Brasília-Distrito Federal

CV: <http://lattes.cnpq.br/8172521920469798>

ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-3312-1856>

### **Marcelo Mencarini Lima**

Embrapa Cerrado  
Brasília-Distrito Federal

CV: <http://lattes.cnpq.br/2584175254976874>

### **Kaio Ramon de Sousa Magalhães**

Universidade Federal do Oeste do Pará  
(UFOPA)

Santarém-PA

CV: <http://lattes.cnpq.br/7896705178636904>

ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-4802-0775>

### **Lucieta Guerreiro Martorano**

Embrapa Amazônia Oriental  
Santarém-Pará

CV: <http://lattes.cnpq.br/9712490260615310>

ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-3893-3781>

**RESUMO:** Na cidade de Santarém, às margens do lago Maicá, comunitários extrativistas e quilombolas na comunidade de Murumuru vivem da renda da extração de frutos de açaí (*Euterpe oleracea* Mart), em açazais nativos. Objetivou-se analisar os desafios enfrentados pelos quilombolas, compartilhando tecnologias simples de fácil adoção, a partir de experiências desenvolvidas no Bioma Amazônia e Cerrado. A capacitação e a conscientização da comunidade extrativista para as eminentes mudanças na cadeia produtiva são necessárias para viabilizar o ganho econômico e as certificações de qualidade, que podem agregar valor e garantir o futuro da atividade extrativista tradicional. O projeto Inovatec Açaí adquiriu e compartilhou tecnologias simples existentes no mercado com os comunitários no Murumuru. Conclui-se que para fortalecer a cadeia de valor do açaí da comunidade é necessário melhorar a infraestrutura com inovação tecnológica.

**PALAVRAS-CHAVE:** *Euterpe oleracea* Mart; Oeste paraense; Lago Maicá; ocorrências de palmeira; várzeas com açazeiros

# PROSPECTS FOR STRENGTHENING THE AGRO-EXTRACTIVIST-BASED AÇAÍ VALUE CHAIN IN MURUMURU ON LAKE MAICÁ BY SHARING TECHNOLOGIES DEVELOPED IN THE AMAZON AND CERRADO BIOMES

**ABSTRACT:** In the city of Santarém, on the shores of Lake Maicá, extractivist and quilombola communities in the Murumuru community live off the income from extracting açai fruit (*Euterpe oleracea* Mart) from native açai groves. The aim was to analyze the challenges faced by the quilombolas, sharing simple technologies that are easy to adopt, based on experiences developed in the Amazon and Cerrado biomes. Training and making the extractive community aware of the imminent changes in the production chain are necessary to make economic gains and quality certifications feasible, which can add value and guarantee the future of traditional extractive activity. The Inovatec Açai project acquired and shared simple technologies on the market with community members in Murumuru. The conclusion is that to strengthen the community's açai value chain, it is necessary to improve the infrastructure with technological innovation.

**KEYWORDS:** *Euterpe oleracea* Mart; West Pará; Lake Maicá; palm occurrences; floodplains with açai trees

## 1. INTRODUÇÃO

O açazeiro (*Euterpe oleracea* Mart) é uma planta pertencente à ordem dos Arecales, ao gênero *Euterpe* da família Palmae, encontrada com maior frequência no delta do rio Amazonas (SATO et al., 2020; YAMAGUCHI et al., 2015). A espécie apresenta características de perenidade cujos frutos possuem carotenoides e a compostos fenólicos (MENEZE et al., 2008; PEGLER, 2015; PALA et al., 2018) na polpa do fruto denominado de açai, tradicionalmente consumido no Estado do Pará e atualmente comercializado em todo o Brasil e exportando para outros países (ARAÚJO et al., 2021; ARAÚJO et al., 2015, SANTAMARINA et al., 2020).

Entre as características dessa espécie, apresentar perfilhamento abundante, evidencia o potencial de geração de novos bioprodutos, não apenas o fornecimento da polpa extraídas dos frutos, muito usado como fonte de alimento na região Amazônica. A cadeia de valor do açai demanda por investimentos e maior atenção nas estratégias de fortalecimento da bioeconomia, principalmente no estado do Pará que concentra as maiores áreas de açais nativos e de áreas cultivadas. Exemplificando, das folhas podem ser confeccionados chapéus, esteiras, cestos, vassouras de palha e telhado para casas, e o material extraído do fuste possui resistência ao ataque de fungos e cupins, podendo ser trabalhado para uso na construção civil (SILVA, S. & TASSARA, H., 2005), além dos caroços, dos quais podem ser usadas as fibras na fabricação de painéis para uso na construção civil e acabamentos (BARBOSA et al., 2021) e biojóias (SCHIERHOLT et al., 2020).

Outro produto que vem ganhando destaque é o resíduo a partir da extração da polpa. Barbosa & Carvalho Junior (2022) observaram que os caroços se encontram como principal subproduto do processamento do fruto e é considerado como resíduo, que é jogado nos

quintais ou vai para os lixões. Segundo Gantuss (2006) o mesmo corresponde a 83% do fruto e, normalmente, é descartado de forma indevida na natureza. Como fonte energética, os caroços possuem elevada quantidade por unidade de massa, que pode ser aproveitado como biomassa lenhosa e poder ser, também, aproveitado, quando processados em produtos artesanais como em biojóias (MASSANET, 2009), além da produção de placas para uso na arquitetura sustentável (BARBOSA et al., 2019) e outros produtos capazes de gerar emprego e renda aos agricultores (SATO et al., 2019).

O açaí faz parte da dieta alimentar de grande parcela da população amazônica, mas principalmente do povo paraense, em especial dos povos ribeirinhos, que ainda o exploram na forma extrativista (SILVA, ISMAEL 2006). Os açaizeiros estão entre as espécies hiperdominantes na floresta Amazônica (Ter STEEGE et al., 2013). A ocorrência do *E. oleracea* predomina nas áreas alagadiças, desde áreas que sofrem influência das marés, terrenos de igapó e margens de rios, evidenciando a capacidade adaptativa dessa espécie a alta oferta hídrica no solo. A comercialização vem ganhando mercado nacional e internacional, principalmente nos Estados Unidos, países da União Europeia, Japão e Cone Sul (NOGUEIRA, 1997; GUIMARÃES et al., 2004; NOGUEIRA et al., 2005; SANTANA, 2006; GOMES, 2005). Nos mercados locais a demanda de açaí vem aumentando entre os consumidores com maior renda. Esse consumo se dá por razões que sobrepujam a necessidade alimentar, mas envolvem questões culturais e, principalmente, por estética e saúde, em função das propriedades benéficas, a exemplo da antocianina, que o açaí contém, que atrai o consumidor mais seletivo e exigente, e que se dispõe a pagar um preço maior pelo litro do suco, abrindo-se, assim, um importante nicho de mercado em franca expansão (SILVA, 2005; EMBRAPA (2015).

Essa nova dinâmica no consumo do suco de açaí, tem forçado uma mudança de atitude por parte dos extrativistas que, como foi citado por Lopes (2001), começaram a buscar novas alternativas de exploração do fruto, com o objetivo de atender às expectativas atuais e futuras do mercado. A crescente demanda por vinho de açaí nos grandes centros consumidores provocou mudanças no sistema de manejo de açaizais nativos, que eram praticados por ribeirinhos situados próximos a estes. A polpa do açaí, que anteriormente era destinada, ao consumo para subsistência (NOGUEIRA, 1997), é agora a principal fonte de renda familiar de populações nativas (ANDERSON et al., 1985; JARDIM; ANDERSON, 1987; JARDIM, 2000; ANDERSON; IORIS, 2001; QUEIROZ; MOCHIUTTI, 2001; ARZENI; JARDIM, 2004; SIMONIAN, 2004).

Baseados nessa nova realidade, populações ribeirinhas buscam alternativas de manejo dos açaizais nativos para aumento de produtividade em sistemas agroflorestais. Dentre as alternativas, existe a possibilidade de redução de vegetação sem valor comercial conhecida como raleamento (NOGUEIRA, 1997). Por exemplo, Grossmann et al. (2004) mostraram em sua pesquisa realizada no município de Abaetetuba, no estado do Pará, que

famílias de ribeirinhos, para usufruir do açaí fruto e do palmito, desenvolveram diferentes práticas de manejar seus açaizais e essa nova exploração racional da cultura do açaí tem se expandido na Amazônia, principalmente no estado do Pará.

O uso de novas tecnologias, que incluem o manejo e o cultivo racional, tem sido de fundamental importância para a exploração sustentável da cultura do açaí no estado do Pará, contribuindo assim para atenuar a oferta e o déficit em face do aumento da demanda do mercado, visto que tem permitido ganhos expressivos em produtividade, garantindo renda para produtores e agroextrativistas, além de assegurar, mesmo a preços mais elevados, o consumo de açaí à população paraense e extrativista (LOPES et al., 2002).

No entanto, são poucos os estudos desenvolvidos com o objetivo de avaliar os retornos sociais, econômicos e ambientais que o progresso tecnológico no cultivo de açaí tem levado à sociedade, principalmente para os atores envolvidos no processo produtivo (LOPES et al. 2002; CARVALHO E OLIVEIRA, 2018; ALBIERO et al., 2012). Segundo dados divulgados pelo IBGE (2021), no estado do Pará, as áreas extrativistas produziram aproximadamente 151.793 toneladas de frutos, enquanto as áreas manejadas em terra firme produziram 1.320.150 toneladas no ano de 2019, indicando que o manejo ocorre com maior frequência onde há açaizais em áreas de terra firme.

Nos últimos anos, dada a expansão de novas áreas manejadas em cultivos irrigados em terra firme, o sistema de produção de açaí vem passando por grandes mudanças (FARIAS NETO et al., 2011). A antracnose condiciona perdas de até 70% na produção de mudas (OLIVEIRA et al., 2007). Estudos apresentam resultados que mostram que já é possível prever o potencial produtivo de açaí com vários meses de antecedência auxiliando na tomada de decisões nos períodos de colheita dos frutos (MORAES et al., 2019). Entretanto, a disponibilidade de polpa de açaí é insuficiente diante da expansão de mercados nacionais e globais, além da sazonalidade produtiva de açaizais nativos. Nas áreas de várzeas, sugere-se que, para o manejo adequado e de forma sustentável, haja uma estratégia de fortalecimento das cadeias agroextrativistas e, assim, garantir uma organização nos processos de manejo das áreas de produção, de colheita, de armazenamento, de escoamento, de cooperativismo e de gestão para os extrativistas nessas regiões (GROSSMANN et al., 2004; MORAES et al., 2019; NOGUEIRA, 2005; QUEIROZ; MOCHIUTTI, 2001).

Portanto, objetivou-se neste capítulo contextualizar o processo agroextrativista, tendo como marco referencial as tecnologias mapeadas no bioma Amazônia e Cerrado pelo projeto Inovatec Açaí, na perspectiva de fortalecimento da cadeia de valor do açaí no quilombo do Murumuru que apresenta alto potencial bioeconômico no oeste do Pará.

## 1.1 A cadeia de valor do açaí

A conceituação da cadeia de valor da sociobiodiversidade é utilizada em várias políticas públicas no Brasil. Isso promove aspectos que conferem que há uma complexidade, que passa desde questões produtivas e fundiárias e perpassa por percepções ambientais relacionadas à formatação das comunidades, onde envolve autonomia, participação dos membros da comunidade, confiança e gestão administrativa (SIQUEIRA; PEREIRA, 2022). Dentre os principais componentes da sociobiodiversidade da região amazônica com bastante relevância ambiental, econômica, social e política local, tem-se destacado os produtos florestais não madeireiros (PFNM) oriundos da agricultura familiar (ALMEIDA et al., 2012).

Entre os diversos grupos sociais em atuação na Amazônia, com um expressivo interesse nos bens comuns florestais não madeireiros, estão os agroextrativistas, que buscam se associar em pequenas organizações de base locais para garantir a manutenção dos ecossistemas, pois seus modos de vida estão relacionados diretamente com o uso da biodiversidade existente nesses territórios (SIQUEIRA; PEREIRA, 2022; ALLEGRETTI, 2008; ARAÚJO et al., 2021).

Com o aumento do protagonismo dos trabalhadores rurais amazônicos nas duas últimas décadas, associados às pressões internacionais frente às relações no trabalho e de explorações dos trabalhadores rurais, além do desmatamento na Amazônia, reforça-se a necessidade de adoção de indicadores de sustentabilidade (SANTILLI, 2005). As políticas públicas voltadas à valorização dos produtos da biodiversidade buscam fortalecer a cadeia de valor e a bioeconomia de base florestal não madeireira na Amazônia e, entre essas políticas está o Plano Nacional para Promoção das Cadeias de Produtos da Sociobiodiversidade, que visa fortalecer as cadeias de valor e oferecer serviços gerados dessa gama de diversidade biológica que é uma indispensável alternativa para a conservação e uso sustentável dos recursos naturais, partindo de uma lógica mais conectada e coerente com os princípios que ditam a economia solidária (SIMONI, 2010).

Nesse contexto, o açaí ganhou destaque no mercado nacional entre os PFNM (BRASIL, 2017; IBGE, 2021). A polpa nos mercados locais pode ser vendida a preços diferenciados de acordo com a concentração (grossa, média e fina) e a maior parcela da produção e consumo brasileiro permanece no estado do Pará (SILVA, ISMAEL 2006; ARAÚJO et al., 2021). Mas fora da região norte, os estados de São Paulo, Rio de Janeiro, Minas Gerais e Distrito Federal são os estados que se destacam no consumo de açaí, além disso, grandes volumes são exportados principalmente para Japão e Estados Unidos (GALEÃO, 2017; NOGUEIRA, 1997; GUIMARÃES et al., 2004; NOGUEIRA et al., 2005; SANTANA et al., 2002; GOMES, 2005; VEDOVETO, 2008). Desde o final da década de 1990, o açaí ganhou protagonismo internacional como uma bebida saudável e energética, decorrente dos benefícios do consumo desse fruto (PEGLER, 2015) e, desde então, vários

produtos derivados do açaí foram lançados no mercado da estética e saúde (BEZERRA et al., 2016).

A cadeia de valor no âmbito da governança dos produtos da sociobiodiversidade, considera a agregação de valores monetários e não monetários ao produto ao longo de suas etapas no sistema de produção (ALMEIDA et al., 2012) e, em comunidades rurais, geralmente apresenta aspectos que estão relacionados a novas tecnologias, adição de boas práticas de coleta, beneficiamento adequado, boas formas de armazenamento, um controle de qualidade, observância à regulação, boa infraestrutura de produção, boas vias de escoamento, a distância dos centros consumidores, o isolamento geográfico dos produtores e que estão relacionados aos sistemas de liderança, gestão e organização social, entre outros fatores (SIQUEIRA; PEREIRA, 2022). Em relação ao açaí, a cadeia de valor é caracterizada pela variabilidade intra-sazonal na oferta de frutos, alta demanda de mercado, oscilação de preços, longas distâncias no processo de coleta, debulha e transporte nas áreas de açazais nativos, além de múltiplos socioambientais.

## 2. METODOLOGIA

O lago Maicá, localizado na porção oeste do município de Santarém, na junção dos rios Amazonas e Tapajós. O lago está situado à margem direita do rio Amazonas e a leste da cidade de Santarém, no Pará e é composto por um sistema de lagos, contendo espécies da flora e fauna típicas da várzea amazônica. As comunidades e os bairros no entorno do lago, convivem atualmente com conflitos socioambientais ligados à construção de um porto graneleiro que poderá induzir a mudanças ambientais importantes no ecossistema do mesmo (DOURADO; COSTA; CARVALHO, 2024; VIEIRA, 2021; VAZ, 2016). Diante disso, os líderes de comunidades e bairros junto com a população local vêm buscando apoio dos órgãos para garantir a manutenção da biodiversidade no Maicá e a regulamentação da Área de Proteção Ambiental proposta no Plano Diretor do Município nº 18.051/2006, Art.137, inciso VI, denominada APA-Maicá (XIMENES et al., 2020; VAZ, 2016).

Nessa região do estuário do Maicá vivem, também, aproximadamente 463 famílias distribuídas em sete comunidades, vivendo basicamente, durante quatro meses do ano, do extrativismo nos açazais nativos, são elas: Igarapé-Açú, Ipauapixuna, Iruçu, Murumurutuba, Murumuru, Bom Jardim e Tingu (IBGE, 2019, 2022; XIMENES et al., 2020).

### 2.1 Estudo de Caso com agroextrativistas no Murumuru no Lago Maicá

Dentre as comunidades reconhecidamente quilombolas, a comunidade de Murumuru tem se destacado na produção extrativa de açaí, pois aproximadamente, 70% dos moradores vivem, durante certa parte do ano, da coleta de açaí (XIMENES et al., 2020) e, além disso, a distância entre a comunidade e a cidade de Santarém é de aproximadamente 45 quilômetros (IBGE, 2019; XIMENES et al., 2020). A iniciativa com o desenvolvimento do

Projeto Inovatec Açaí aprovado em edital de inovação na Universidade Federal no Oeste do Pará (Ufopa), possibilitou que professores, pesquisadores ligados a programas de pós-graduação na instituição e estudantes fizessem parte da Rede Sociobio, dando assim início a ações voltadas ao fortalecimento da cadeia de valor do açaí, no quilombo de Murumuru. O envolvimento de quatro bolsistas, estudantes de diferentes cursos de graduação na Ufopa, todos originários de populações tradicionais (dois quilombolas e dois indígenas), possibilitou a integração, envolvimento e capacitações de forma participativa, durante a vigência do Projeto Inovatec Açaí na comunidade do Murumuru.

Para superar desafios quanto aos equipamentos capazes de auxiliar em todo processo produtivo, cultivadores passaram a desenvolver suas próprias tecnologias. A coordenação do projeto Inovatec Açaí se empenhou ao máximo para identificar as potenciais tecnologias existentes tanto em nível comercial quanto em escala de solução simples, mas muito eficiente no atendimento das necessidades dos desenvolvedores.

Na Figura 1 apresenta-se imagens (obtidas com a autorização da produtora de ação no Cerrado brasileiro) de um carrinho para transportar o açaí das áreas de colheita até a área de beneficiamento dos frutos. Informa-se que o carrinho é confeccionado com material de acrílico, reaproveitado na propriedade e as rodinhas de uma bicicleta usada que já estava em processo de descarte na propriedade. Ideia simples, mas extremamente funcional e com vários elementos para serem readaptáveis às condições dos agroextrativistas no Murumuru.

Figura1 – Carrinho para coleta e debulha de açaí desenvolvido e construído pela primeira produtora de açaí irrigado no Bioma Cerrado.



Fonte: Autor

O extrativismo é realizado ainda sem padronizações e a comercialização passa por atravessadores e processadores (PEGLER, 2015). Na Figura 2 são apresentadas imagens de equipamentos mais modernos adquiridos pelo projeto Inovatec Açaí e apresentados aos comunitários, inclusive com treinamentos sobre como ocorre o processo desde a colheita, debulhamento para retirar os frutos presos nos cachos.

Figura 2 – Equipamentos adquiridos pelo projeto Inovatec açáí para coleta e debulhamento de frutos de açáí.



Fonte: Acervo do projeto Inovatec Açáí.

O mercado exerce pressão quanto a manutenção de produtos, sem muitas vezes saber como as comunidades agroextrativistas conseguem garantir a oferta de um determinado produto florestal não madeireiro. A comercialização dos PFM tem se intensificado, influenciando, inclusive garantia de oferta que seja atrelada ao desenvolvimento socioeconômico (RUIZ-PERES et al., 2004a). Os riscos ecológicos, que incluem uma colheita mais intensiva e extensiva e, ainda, alternativamente, podem resultar em substituição da vegetação nativa e homogeneizar a paisagem (BELCHER; SCHARENBERG, 2007; HOMMA, 2012).

## **2.2 A cadeia de valor da produção agroextrativista do açáí e perspectivas de expansão para outras áreas potenciais**

O projeto iniciou um processo de parceria entre a comunidade científica e os agroextrativistas de açáí no quilombo Murumuru (Figura 3). A colheita dos frutos nos açáizais nativos representa para os comunitários a maior expectativa de renda anual que comercializam. Praticamente todo o açáí coletado no Murumuru é vendido aos chamados atravessadores que compram por um valor na comunidade e vendem no mercado de Santarém e em outros municípios no entorno a preços bem superiores aos praticados na compra no quilombo do Murumuru.

Figura 3 – Reuniões com extrativistas de açaí na comunidade de Murumuru para apresentação dos resultados obtidos no âmbito do Inovatec Açaí.



Fonte: Acervo Inovatec Açaí.

As novas tendências observadas nos mercados, os preços da polpa do açaí em alta, as perspectivas de ampliação do mercado interno e externo, bem como as diferentes oportunidades de desenvolvimento de vários bioprodutos reforçam a importância de incluir no processo novas tecnologias de colheita e processamento. Como as tecnologias foram desenvolvidas para atender demandas em áreas de plantios de açaí, observou-se que para atender as necessidades dos agroextrativistas nas áreas de várzea serão necessárias novas adaptações tecnológicas. Observou-se que é necessário e urgente a o desenvolvimento de alternativas para aumentar a eficiência e a eficácia na atividade agroextrativista no Murumuru (Figura 4).

Figura 4 – Equipamentos apresentados aos agroextrativistas para coletar e debulhar o açaí na comunidade de Murumuru em dia de campo do Inovatec Açaí.



Fonte: Acervo Inovatec Açaí.

A polpa do açaí em produção está inserida em uma cadeia agroindustrial e seus elos principais são o extrativismo, a montante e o processamento, a jusante. Entre os vários agentes econômicos, listam-se os produtores, atravessadores, indústrias processadoras e o governo que vem incluindo o açaí em políticas públicas (ARAÚJO et al., 2021). Com essa nova dinâmica no consumo, observa-se uma mudança na atitude em parte dos extrativistas que começaram a buscar novas alternativas de exploração do fruto para atender às expectativas do mercado atual e futuro (SIQUEIRA; PEREIRA, 2022; LOPES, 2002). Então o açaí, que anteriormente era destinado para a subsistência das famílias (NOGUEIRA, 1997), agora torna-se sua principal fonte de renda, mas, também, continua sendo o seu principal alimento de consumo na safra (ANDERSON et al., 1985; JARDIM; ANDERSON, 1987; JARDIM, 2000; ANDERSON; IORIS, 2001; QUEIROZ; MOCHIUTTI, 2001; ARZENI; JARDIM, 2004; SIMONIAN, 2004). Com nessa nova realidade, os ribeirinhos buscam alternativas de manejo dos seus açazais, buscam obter uma maior produtividade e, em algumas regiões, começam a utilizar os sistemas agroflorestais e, (NOGUEIRA; HOMMA, 1998) apesar dessa proposta aumentar a produtividade do açaí fruto, a possibilidade de sua implantação pelos ribeirinhos deveria ser melhor analisada em decorrência dos problemas ambientais relacionados (NOGUEIRA, 1997; ARAÚLO; SOUSA FILHO, 2018). Vale ressaltar que o consumo da polpa de açaí em franca expansão tem gerado uma desvantagem ambiental para a sociedade, pois tem levado a uma redução significativa na derrubada de açazais nativos na busca pelo palmito (NOGUEIRA; HOMMA, 1998; LOPES et al., 2002).

## 2.3 Expansão da cadeia produtiva

Outra possibilidade que pode ser vislumbrada é a potencial expansão do plantio de açaí não extrativo, mas plantado em outros biomas no Brasil e hoje, por exemplo, na região do Distrito Federal e entorno, há uma iniciativa do Programa Rota da Fruticultura RIDE-DF, que foi criado em 2021, que busca potencializar a agricultura familiar (Figura 5). Esse projeto apresenta a perspectiva de que até o ano de 2029, através de uma variedade de açaí desenvolvida pela Embrapa especialmente para o Cerrado, a produção de açaí na região abrangerá cerca de 20 mil hectares plantados e produzindo.

Segundo a Codevasf, existem 320 hectares de plantios de açaí no entorno do Distrito Federal e há 25 mil propriedades de agricultura familiar com potencial para plantar o fruto nos municípios que compõem a RIDE – DF (FREGONASSE, 2023). Um exemplo de produção de açaí hoje no Cerrado, é a plantação de 2,5 hectares de açaí por uma agricultora no Distrito Federal na região da Fercal (CASTRO, 2020) e de outros agricultores na região do Distrito Federal que já estão plantando o açaí BRS Pai d'Égua na região do Lago Oeste, além da área em produção cultivada com de sementes trazidas de Belém há cerca de 20 anos (GUIMARÃES, 2023).

Figura 5 – Plantação de 2,5 hectares de açaí no bioma Cerrado, na Região Administrativa da Fercal, no Distrito Federal.



Fonte: Acervo Autor.

## 3. CONSIDERAÇÕES FINAIS

A expansão do mercado consumidor de açaí no Brasil e no mundo ampliaram as exigências sanitárias, impactaram no preço e na demanda produtiva local. Existem novos modelos de negócio que dependem de disponibilidade de polpa independentemente da sazonalidade produtiva. Os modelos extrativistas de produção serão influenciados por plantios comerciais em terra firme com altos investimentos e infraestrutura profissional de processamento e comercialização. As populações tradicionais deverão se adaptar e aproveitar a oportunidade para ampliação do ganho econômico, alteração de manejo e de modernização da estrutura de comercialização que envolve conservação, marketing e logística. As mudanças de mercado serão condicionadas também pela produção na região do Cerrado, que terá início daqui a três anos e tende a se expandir e competir em preço, qualidade e logística de industrialização e distribuição. O rigor relativo ao controle sanitário inviabilizará a comercialização e distribuição de produtos de baixa qualidade que serão inspecionados pela vigilância sanitária.

A capacitação e a conscientização das comunidades extrativistas para as eminentes mudanças na cadeia produtiva são necessárias para viabilizar o ganho econômico e as certificações de qualidade, que podem agregar valor e garantir o futuro da atividade extrativista tradicional.

#### 4. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ALBIERO, D.; MARCIEL, A.; MION, R.; VILIOTTI C. GAMERO, C. Proposta conceitual de colhedoras autopropelidas de açaí (*Euterpe oleracea* Mart.) para a região amazônica. **Revista Ciência Agronômica**, v. 43, p. 382–389. 2012.

ALLEGRETTI, Mary. A construção social de políticas públicas. Chico Mendes e o movimento dos seringueiros. **Desenvolvimento e Meio Ambiente**, n. 18, p. 39-59, Editora UFPR. jul./dez. 2008.

ALMEIDA, D; ALVES F. B.; LILIANA P. **Governança em cadeias de valor da sociobiodiversidade: experiências e aprendizados de grupos multi-institucionais do Castanha do Brasil e Borracha-FDL no Acre**. Brasília: GIZ, Núcleo Maturi, UICN, WWF-Brasil, 2012.

ANDERSON, A. B.; IORIS, E. M. A lógica do extrativismo: manejo de recursos e geração de renda por produtores extrativistas no estuário amazônico. In: DIEGUES, A. C.; MOREIRA, A. de C. C. (Org.). **Espaços e recursos naturais de uso comum**. São Paulo: NUPAUB – USP, 2001. p. 163-179.

ANDERSON, A. B.; GELY, A.; STRUDWICK, J.; SOBEL, G. L.; PINTO, M. das G. C. Um sistema agroflorestal na várzea do estuário amazônico (Ilha das Onças, município de Barcarena, estado do Pará). **Acta Amazônica**, Manaus, v. 15, n. 1/2, p. 195-224, mar. /Jun, 1985.

ARAÚJO, D. do N. **Análise dos Fatores de Competitividade da Cadeia Produtiva da Polpa do Açaí do Nordeste Paraense**. São Carlos - SP: 2015.

ARAUJO, D. do N.; SOUZA FILHO, HM de. **Direcionadores de competitividade na cadeia produtiva da polpa do açaí no nordeste paraense**. CEP, v. 66, p. 540, 2018.

ARZENI, S.; JARDIM, M. A. G. Estratégias de sobrevivência em comunidades agroextrativistas do estuário amazônico. In: JARDIM, M. A. G.; MOURÃO, L. GROSSMANN, M. (Ed.). **Açaí: possibilidades e limites para o desenvolvimento sustentável no estuário amazônico**. Belém: Museu Paraense Emílio Goeldi, 2004. p. 253 – 265. (Coleção Adolpho Ducke).

BARBOSA, J. R., & CARVALHO JUNIOR, R. N. de Food sustainability trends - how to value the açaí production chain for the development of food inputs from its main bioactive ingredients? Trends in **Food Science and Technology**, 124, 86–95. 2022. <https://doi.org/10.1016/j.tifs.2022.04.005>

BARBOSA, A. DE M., REBELO, V. S. M., MARTORANO, L. G., & GIACON, V. M.. Caracterização de partículas de açaí visando seu potencial uso na construção civil. **Revista Matéria**, 24(3), 1-11. <https://doi.org/10.1590/S1517-707620190003.0750> DOI: <https://doi.org/10.1590/s1517-707620190003.0750>. 2019

BELCHER, B, SCHRECKENBERG, K. **Commercialization of nontimber forest products: a reality check**. Dev Policy Rev 25(3):355–377. 2007

BEZERRA, V.S.; SILVA, O. F.; DAMASCENO, L. F. Açaí: Produção de Frutos, Mercado e Consumo. II **Jornada Científica EMBRAPA**. Amapá, p. 19. 2016.

BRASIL. IBGE. Safra de açaí foi de 1,1 milhão de toneladas em 2016. **Agência IBGE de Notícias**. 2017. Disponível em: <https://agenciadenoticias.ibge.gov.br/agencia-noticias/2012-agencia-de-noticias/noticias/16821-safra-de-acai-foi-de-1-1-milhao-de-toneladas-em-2016.html>. Acesso em: out. 2017.

CARVALHO, J. E. U.; OLIVEIRA, W. M. Inovações tecnológicas na propagação do Açaizeiro e do Bacurizeiro. **Revista Brasileira de Fruticultura**, v. 40, n. 1, 2018.

CASTRO, Milene. “**Cerrado também dá açaí, é só cuidar**”, diz agricultora responsável por produção no DF. G1 notícias, março de 2020. Disponível em: <https://g1.globo.com/df/distrito-federal/noticia/2020/03/12/cerrado-tambem-da-acai-e-so-cuidar-diz-agricultora-responsavel-por-producao-no-df.ghtml>. Acessado em 05 de março de 2024.

DOURADO, A. T.; COSTA, I. C. N. P. C.; CARVALHO, L. G. DE C. PORT DYNAMICS IN THE AMAZON: CHANGES IN SOIL USE AND OCCUPATION IN AREA VERDE NEIGHBORHOOD, SANTARÉM CITY (PA) Dinâmica portuária na Amazônia: mudanças no uso e na cobertura do solo no bairro Área Verde em Santarém (Pa). **Revista Brasileira de Gestão e Desenvolvimento Regional**, v. 20, n. 2, p. 1–30, maio 2024.

EMBRAPA. **Sistema de Produção de açaí**. Disponível em: [http://sistemasdeproducao.cnptia.embrapa.br/FontesHTML/Acai/SistemaProducaoAcai\\_2ed/paginas/processamento.htm](http://sistemasdeproducao.cnptia.embrapa.br/FontesHTML/Acai/SistemaProducaoAcai_2ed/paginas/processamento.htm). Acesso em: 09 mar. 2015.

FARIAS NETO, J.T.; VASCONCELOS, M.A.M.; NOGUEIRA, A.K.M. Produção processamento e mercado para a cultura do açaí: Irrigação. **Coleção Cursos Frutal**. Semana da Fruticultura, Floricultura e Agroindústria -Frutal Amazônia 2011. Pág. 32 – 40. 2011.

FREGONASSE, HENRIQUE. **Fruticultura é aposta para a agricultura familiar no DF e Entorno**. Entrevista cedida ao Correio Brasiliense/Programa CB Agro. Brasília, junho de 2023. Disponível em: <https://www.correiobraziliense.com.br/economia/2023/06/5099251-fruticultura-e-aposta-para-a-agricultura-familiar-no-df-e-entorno.html>. Acessado em 05 de fevereiro de 2024.

GALEÃO, P. Potencialidades e limites da cadeia de valor do açaí em boca do Acre. **Instituto Internacional de Educação do Brasil**. P. 1-14. março, 2017.

GANTUSS, C. A. R. **Caracterização física e química de locais de ocorrência do Açaizeiro (*euterpe oleracea*, mart) no Estado do Amapá e sua relação com o rendimento e qualidade do fruto**. 2006. 79. f. Dissertação (Mestrado em Agronomia) – Universidade Federal da Paraíba, Areia, 2006.

GUIMARÃES, Camila. **Produtores rurais plantam mudas de açaí no Lago Oeste**. DF1, junho de 2023. Acessado em 04 de março de 2024. Disponível em: <https://g1.globo.com/df/distrito-federal/df1/video/produtores-rurais-plantam-mudas-de-acai-no-lago-oeste-10819854.ghtml>. Acesso em: nov. 2023.

GOMES, S. C. Mercado, comercialização e ciclo de vida do mix de produtos do açaí no Estado do Pará. In: CARVALHO, D. F. (Org.). **Ensaio selecionados sobre a economia da Amazônia nos anos 90**. Belém: Unama, 2005. p. 85-115.

GUIMARÃES, L. A.; SANTOS, T. M.; RODRIGUES, D. M.; FRAHAN, B. H. A produção e comercialização do açaí no município de Abaetetuba, Pará. In: JARDIM, M. A. G.; MOURÃO, L. GROSSMANN, M. (Ed.). **Açaí: possibilidades e limites para o desenvolvimento sustentável no estuário amazônico**. Belém: **Museu Paraense Emílio Goeldi**, 2004. p. 159 – 179. (Coleção Adolpho Ducke).

GROSSMANN, M.; FERREIRA, F. de J. C.; LOBO, G.; COUTO, R. C. do. Planejamento participativo visando a um manejo sustentável dos açaçais amazônicos e regulamentações oficiais. In: JARDIM, M. A. G.; MOURÃO, L. GROSSMANN, M. (Ed.). Açai: possibilidades e limites para o desenvolvimento sustentável no estuário amazônico. Belém: **Museu Paraense Emílio Goeldi**, 2004. p. 123 – 134. (Coleção Adolpho Ducke).

G1, 2023. **Produtores rurais plantam mudas de açaí no Lago Oeste**. Acessado em 04 de fevereiro de 2024. <https://g1.globo.com/df/distrito-federal/df1/video/produtores-rurais-plantam-mudas-de-acai-no-lago-oeste-10819854.ghtml>

G1, 2020. **Cerrado também dá açaí, é só cuidar', diz agricultora responsável por produção no DF**. Acessado em 02/02/2024. <https://g1.globo.com/df/distrito-federal/noticia/2020/03/12/cerrado-tambem-da-acai-e-so-cuidar-diz-agricultora-responsavel-por-producao-no-df.ghtml>

HOMMA, ALFREDO K. O. **Entrevista para o site opinião & Notícia. Açai: o ouro negro pode ser um vilão para a Amazônia?** Aumento do consumo poderia representar risco para a floresta, dizem veículos da mídia internacional. Repórter Fernanda Dias. 13 de março de 2012. Disponível em <<http://opiniaoenoticia.com.br/brasil/acai-o-ouro-negro-pode-ser-um-vilao-para-a-amazonia/>>. Acessado em Jun/2017.

IBGE, (2021). **Sistema IBGE de Recuperação Automática** (acessado em 10 maio 2021). <https://sidra.ibge.gov.br/home/pms/brasil>

IBGE, (2019). **Cadastro de Localidades Quilombolas em 2019** - Sistema IBGE de Recuperação Automática (acessado em 29 novembro 2021). Cadastro de Localidades Quilombolas em 2019 ([ibge.gov.br](http://ibge.gov.br))

JARDIM, M. A. G.; ANDERSON, A. B. Manejo de populações nativas de açazeiro no estuário amazônico - resultados preliminares. **Boletim de Pesquisa Florestal**, Curitiba, (15): 1-18, dez. 1987.

JARDIM, M. A. G. **Morfologia e ecologia do açazeiro Euterpe oleracea Mart. e das etnov variedades espada e branco em ambientes de várzea do estuário**. 2000. 119 f. Tese (Doutorado em Ciências Biológicas) – Universidade Federal do Pará, Belém, 2000.

MASSANET, T. **Levantamento e estudos de reintrodução de espécies vegetais utilizadas no artesanato guarani (aldeia Krukutu-Parelheiros/SP)**: busca de uma alternativa sustentável de extrativismo. Projeto de Iniciação Científica. curso de Licenciatura Plena em Ciências Biológicas da Faculdade de Filosofia, Ciências e Letras do Centro Universitário Fundação Santo André, 2009.

MENEZE, S E. M. Da S.; TORRES, A. T.; SRUR, A. U. S. Valor nutricional da polpa de açaí (Euterpe oleracea Mart) liofilizada. **Acta Amazônica**, vol. 38(2), pp. 311-316, 2008.

MORAES, JOSÉ REINALDO da SILVA CABRAL; ROLIM, GLAUCO de SOUZA; MARTORANO, LUCIETA GUERREIRO; APARECIDO, LUCAS EDUARDO de OLIVEIRA; PADILHA de OLIVEIRA, MARIA do SOCORRO; FARIAS NETO, JOAO TOME. Agrometeorological models to forecast açai (Mart.) yield in the eastern amazon. **Journal of the Science of Food and Agriculture**, v. 1, p. jsfa.10164, 2019.

NOGUEIRA, O. L.; FIGUEIREDO, F.J.C.; MULLER, A. A. Açai: manejo de cultivo. **Sistemas de produção. Embrapa Amazônia Oriental**, 2005. Belém, Pará. 137p.

NOGUEIRA, O. L.; HOMMA, A. K. A importância do manejo de recursos extrativos em aumentar o carrying capacity: o caso de açazeiros (Euterpe oleracea Mart.) no estuário amazônico. **Poematropic**, Belém, n. 2, p. 31-35, jul./dez. 1998.

NOGUEIRA, O. L. **Regeneração, manejo e exploração de açazais nativos de várzea do estuário amazônico**. 1997. 149 f. Tese (Doutorado em Ciências) - Universidade Federal do Pará, Museu Paraense Emílio Goeldi, Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária, Belém, 1997.

OLIVEIRA, M. S. P.; FARIAS NETO, J. T.; PENA, R. DAS. **Açaí: Técnicas de Cultivo e Processamento**. Fortaleza - CE: [s.n.]. Disponível em: <<https://www.researchgate.net/publication/266468766>>. 2007.

PALA, D.; BARBOSA, P. O.; SILVA, C. T.; de SOUZA, M. O.; FREITAS, F. R.; VOLP, A. C. P.; DE FREITAS, R. N. Açaí (*Euterpe oleracea* Mart.) dietary intake affects plasma lipids, apolipo-proteins, cholesteryl ester transfer to high-density lipoprotein and redox metabolism: A prospective study in women. **Clinical Nutrition**, v. 37, n. 2, p. 618-623, 2018. <https://doi.org/10.1016/j.clnu.2017.02.001>

PEGLER, LEE. Peasant Inclusion in Global Value Chains: economic upgrading but social downgrading in labour processes? **The Journal of Peasant Studies**. Publishid online: 25 jun 2015. Disponível em: <http://dx.doi.org/10.1080/03066150.2014.992885>. Acessado em 29 de junho de 2015.

QUEIROZ, J. A. L. de; MOCHIUTTI, S. (Org.). Guia prático de manejo de açazais para produção de frutos. Macapá, **Embrapa/IEPA**, 2001. 58p.

RUIZ-PEREZ M, BELCHER B. **Markets drive the specialization strategies of forest peoples**. *Ecol. Soc.* 9(2):4–27. 2004a.

SANTANA, A. C. De; COSTA, F. A. O mercado de açaí no Estado do Pará. In: HERVÉ, R. (Org.). **Açaí ao alcance de todos**. Belém: **ADA**; UFPA; UFRA, 2006.

SANTANA, A. C. de; LOPES, M. L. B.; HOMMA, A. K. O.; NOGUEIRA, O. L. Benefícios sociais do açaí manejado no Estado do Pará. In: Congresso Brasileiro de Economia e Sociologia Rural, 2002, Passo Fundo, RS. **Equidade e eficiência na agricultura brasileira**. Brasília, DF: SOBER, 2002. p. 1-12.

SANTAMARINA A.B., JAMAR G., MENNITTI L.V., RIBEIRO D.A., CARDOSO C.M., DE ROSSO V.V., OYAMA L.M., PISANI L.P. Polyphenols-rich fruit (*Euterpe edulis* Mart.) prevents peripheral inflammatory pathway activation by the short-term high-fat diet. **Molecules**. 2019; 24:e1655. doi: 10.3390/molecules24091655

SANTILLI, J. Socioambientalismo e Novos Direitos: proteção Jurídica à Diversidade Biológica e Cultural. São Paulo: **Fundação Petrópolis**. 2005.

SATO, M. K., LIMA, H. V., DE., COSTA, A. N., RODRIGUES, S., PEDROSO, A. J. S., & MAIA, C. M. B. DE F. Biochar from acai agroindustry waste: study of pyrolysis conditions. **Waste Management**, 96(1), 158-167. 2019. DOI : <https://doi.org/10.1016/j.wasman.2019.07.022>

SCHIERHOLT, A. F. P., AND FANNY L. R. Biojoias, biodiversidade e redes de sustentabilidade na Amazônia: o caso da Cooperativa Açaí, de Rondônia. **Editora da UFRGS**, 2020.

SILVA, I. M. Da. Perfil do consumidor domiciliar de açaí e do consumidor instituição de andiroba. Belém: **Sebrae**, 2005. Mimeografado.

SILVA, I. M. da; GOMES, P. W.; SILVA, C. C. da; SILVA, F. M. da, 2006. "Análise dos Retornos Sociais Oriundos de Adoção Tecnológica na Cultura do Açaí no Estado do Pará," **44th Congress**, July 23-27, 2006, Fortaleza, Ceará, Brasil 148319, Sociedade Brasileira de Economia, Administração e Sociologia Rural (SOBER).

SILVA, S. & TASSARA, H. (2005). Fruit Brazil Fruit. São Paulo, Brasil, **Empresa das Artes**.

SIMONI, JANE. A Revitalização do Extrativismo: Práticas de Economia Solidária e Sustentabilidade. in IPEA, Economia Solidária e Políticas Públicas. **Boletim Mercado de Trabalho**. No. 42. Brasília: 2010.

SIMONIAN, L. T. L. Devastação e impasse para a sustentabilidade dos açazais no vale do rio Maracá, AP. In: JARDIM, M. A. G.; MOURÃO, L. GROSSMANN, M. (Ed.). Açai: possibilidades e limites para o desenvolvimento sustentável no estuário amazônico. Belém: **Museu Paraense Emílio Goeldi**, 2004. p. 233 – 252. (Coleção Adolpho Ducke).

SIQUEIRA, J. A. S. de; PEREIRA, H. S. Abordagem Sistêmica no Mapeamento de Cadeia de Valor do Açai em Agroecossistema Amazônico. In: Pesquisas e Inovações em Ciências Agrárias: **Produções Científicas Multidisciplinares no Século XXI**, Volume 3. [s.l.] Instituto Scientia, 2022. p. 243–254.

TER, STEEGE, H. et al. Hyperdominance in the Amazonian tree flora. **Science** 342, 1243092, <https://doi.org/10.1126/science.1243092> (2013).

VAZ, E.M. 2016. **Caracterização da atividade pesqueira praticada no lago Maicá, município de Santarém, Pará**. Trabalho de Conclusão de Curso, Instituto de Ciências e Tecnologia das Águas/Universidade Federal do Oeste do Pará, Santarém, Pará. 51pp.

VEDOVETO, M. **Caracterização do mercado de açai (Euterpe Oleracea Mart.) em Belém entre 2006 e 2008**. Estágio profissionalizante em engenharia florestal – Universidade de São Paulo, 2008.

VIEIRA, J. C. **Pelos direitos e com direito: a mobilização política do povo indígena Munduruku do planalto**. Tese de Doutorado - Campinas: Unicanp, 2021.

XIMENES, L. C. et al. Importância do açai na renda mensal da comunidade quilombola Murumuru em Santarém, Pará. **Rev Iberoam. Ciênc. Amb.**, v.11, n.2, p.36-42, 2020. doi: 10.6008/CBPC2179-6858.2020.002.0004.

YAMAGUCHI, K. K. D. L., PEREIRA, L. F. R., LAMARÃO, C. V., LIMA, E. S. & DA VEIGA-JUNIOR, V. F. Amazon acai: Chemistry and biological activities: A review. **Food Chem**. 179, 137–151 (2015).

# O ECOTURISMO DE BASE COMUNITÁRIA COMO ESTRATÉGIA SUSTENTÁVEL PARA O DESENVOLVIMENTO LOCAL EM ÁREAS PROTEGIDAS

*Data de aceite: 02/10/2024*

### **Mayerly Alexandra Guerrero-Moreno**

Universidade Federal do Oeste do Pará  
(UFOPA)  
Santarém-Pará

CV: <http://lattes.cnpq.br/0860671218312397>  
ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-6767-2966>

### **José Max Barbosa Oliveira-Junior**

Universidade Federal do Oeste do Pará  
(UFOPA)  
Santarém-Pará

CV: <http://lattes.cnpq.br/135301436504555>  
ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-0689-205X>

**RESUMO:** O turismo tem sido reconhecido como um setor que impacta positivamente o crescimento econômico e o desenvolvimento, apesar de sua sazonalidade. No entanto, o aumento da procura turística, a falta de políticas e planejamento turístico em vários países, e a abordagem puramente econômica orientada para a dinâmica do mercado também trouxeram consigo vários efeitos adversos a nível econômico, sociocultural e ambiental. Em resposta a esses efeitos negativos, surgiu o ecoturismo de base comunitária (EBC), uma forma de turismo sustentável que alia preservação ambiental e inclusão comunitária. O EBC envolve

as comunidades locais no planejamento e gestão dos projetos ecoturísticos, promovendo a valorização cultural, o fortalecimento dos saberes tradicionais e a geração de benefícios econômicos diretos. Em áreas protegidas habitadas por comunidades tradicionais, o EBC emerge como uma estratégia eficaz de desenvolvimento sustentável, promovendo a conservação da biodiversidade e o empoderamento local. Este artigo revisa a literatura sobre a evolução do ecoturismo, os princípios do EBC, sua implementação em áreas protegidas e apresenta exemplos de casos de sucesso que ilustram seu impacto positivo no desenvolvimento regional e na conservação ambiental.

**PALAVRAS-CHAVE:** Turismo sustentável; participação comunitária; áreas naturais; conservação; comunidades tradicionais.

### COMMUNITY-BASED ECOTOURISM AS A SUSTAINABLE STRATEGY FOR LOCAL DEVELOPMENT IN PROTECTED AREAS

**ABSTRACT:** Tourism has been recognized as a sector that positively impacts economic growth and development, despite its seasonality. However, the increasing demand for tourism, the lack of policies and

planning in various countries, and the purely economic approach focused on market dynamics have also brought several adverse effects at economic, sociocultural, and environmental levels. In response to these negative effects, community-based ecotourism (CBE) has emerged as a form of sustainable tourism that combines environmental preservation and community inclusion. CBE involves local communities in the planning and management of ecotourism projects, promoting cultural appreciation, strengthening traditional knowledge, and generating direct economic benefits. In protected areas inhabited by traditional communities, CBE emerges as an effective strategy for sustainable development, promoting biodiversity conservation and local empowerment. This article reviews the literature on the evolution of ecotourism, the principles of CBE, its implementation in protected areas, and presents examples of successful cases that illustrate its positive impact on regional development and environmental conservation.

**KEYWORDS:** Sustainable tourism; community participation; natural areas; conservation; traditional communities.

## 1. INTRODUÇÃO

O turismo tem sido reconhecido como um setor que impacta positivamente o crescimento econômico e o desenvolvimento, apesar de sua sazonalidade (CISNEROS-MARTÍNEZ; FERNÁNDEZ-MORALES, 2016). De acordo com Webster e Ivanov (2014), quando a atividade turística cresce, o número de visitantes também aumenta e, portanto, há uma maior circulação de dinheiro, o que leva a um aumento do PIB (Produto Interno Bruto), impactando positivamente várias regiões e países. Outros impactos positivos também estão relacionados às receitas cambiais, à contribuição para a receita pública, à geração de empregos e às oportunidades de negócios (BRIDA et al., 2008).

No entanto, o aumento da procura turística, a falta de políticas e de planejamento turístico em vários países, e a abordagem puramente econômica orientada pela dinâmica de mercado trouxeram consigo diversos efeitos adversos (FAXINA; FREITAS, 2020). Os impactos econômicos estão relacionados à inflação, especulação imobiliária e fuga dos benefícios econômicos para o setor privado (LICKORISH; JENKINS, 2000). No âmbito sociocultural, ocorrem migrações descontroladas, processos de gentrificação, intensificação da segregação espacial, tensões, danos sociais, perda de identidade cultural e desintegração local (GASPAR, 2010). Por fim, os impactos ambientais negativos estão associados à poluição, superlotação e congestionamento, que intensificam o uso de espaços naturais e construídos, afetando gravemente o equilíbrio dos ecossistemas (RODRIGUES; FEDER; FRATUCCI, 2015). Esses efeitos se tornaram ainda mais evidentes entre as décadas de 1950 e 1970, quando o número de turistas internacionais no mundo dobrou a cada sete anos, caracterizando o chamado turismo de massa (GORDON, 2012).

Em resposta ao turismo de massa, surgiu o turismo alternativo, muitas vezes denominado turismo sustentável, que visa estimular o desenvolvimento local de forma

contextualizada, adaptando-se às realidades e necessidades de cada lugar (NEL-LO & LLANES, 2016). De acordo com Dangi e Petrick (2021), vários aspectos do turismo alternativo estão em prática desde a década de 1980, como abordagens de adaptação ao desenvolvimento sustentável. Exemplos incluem ecoturismo, turismo comunitário, agroturismo, turismo voluntário e turismo responsável. Nesse contexto, surgiu o ecoturismo de base comunitária (EBC), uma variante do ecoturismo que assume o desafio de conjugar três vertentes essenciais para a sustentabilidade dos territórios: ecoturismo, educação ambiental e turismo comunitário (BENITES; MAMEDE, 2020).

Assim, o EBC oferece um enfoque mais inclusivo, envolvendo as comunidades locais no design, gestão e desenvolvimento de projetos ecoturísticos (MTAPURI; GIAMPICCOLI, 2018). Esta forma de turismo busca não apenas a interação respeitosa com a natureza, mas também o fortalecimento dos conhecimentos tradicionais, a valorização cultural e a geração de benefícios diretos para as populações envolvidas (BAQUERO; PARRADO, 2021). Dessa forma, o ecoturismo de base comunitária contribui para o desenvolvimento sustentável dos territórios, ao mesmo tempo que promove a conservação da biodiversidade e o empoderamento das comunidades locais (BENITES; MAMEDE, 2020). Isso é particularmente relevante, dado que o EBC se desenvolve majoritariamente em áreas protegidas habitadas por comunidades tradicionais (GUERRERO-MORENO; OLIVEIRA-JÚNIOR, 2024).

Tendo em vista o exposto, o objetivo deste capítulo consistiu em discutir como o ecoturismo de base comunitária pode atuar como uma estratégia eficaz para o desenvolvimento local sustentável. Para isso, realizamos uma revisão da literatura focada em quatro subtemas: 1) Fundamentos e Evolução do Ecoturismo: Este tópico explora a origem e evolução do ecoturismo, destacando as mudanças nas práticas e percepções ao longo das décadas. 2) Ecoturismo de Base Comunitária (EBC): Analisaremos o surgimento e os princípios do EBC, com foco em como ele serve para mitigar os impactos do turismo convencional, apoiando o desenvolvimento econômico e a conservação ambiental por meio da inclusão e participação das comunidades locais. 3) Áreas protegidas e ecoturismo de base comunitária: Analisaremos como as políticas e legislações de conservação suportam a implementação do EBC em áreas protegidas, e como essas práticas contribuem para os objetivos de conservação e desenvolvimento sustentável. 4) Casos de Sucesso do EBC: Por fim, apresentaremos alguns exemplos do sucesso do EBC em áreas protegidas.

## 1.1. Fundamentos e Evolução do Ecoturismo

A busca por vivências intensas, marcantes nos anos 60, combinada com o crescente interesse por atividades ao ar livre nos anos 70, e com a preocupação surgida nos anos 80 com relação à saúde, nutrição natural e boa forma física, consolidou as bases para o desenvolvimento do ecoturismo (BUDOWSKI, 1989). O ecoturismo, de acordo com Weaver

e Lawton (2002), apareceu na literatura acadêmica no final da década de 1980 como um aspecto do turismo sustentável e ganhou força nas décadas posteriores. O primeiro a cunhar o termo foi Ceballos-Lascuráin (1987) e o definiu como:

visitar áreas naturais relativamente intactas, incluindo áreas protegidas para desfrutar, apreciar e estudar atrativos naturais (paisagem, flora e fauna), bem como qualquer manifestação cultural do presente e do passado, através de um processo que promova a conservação, tem baixo impacto ambiental e cultural negativo, incentiva o envolvimento ativo e socioeconômico benéfico das comunidades locais (p. 120).

Embora essa definição forneça uma diretriz para conceituar o ecoturismo, ela foca principalmente na fruição e contemplação da atividade ecoturística, deixando de lado a responsabilidade que isso implica com a natureza e com a comunidade local, especialmente em áreas protegidas. Diante disso, Wallace e Pierce (1996) propuseram uma revisão da definição, integrando aspectos éticos na relação entre o ser humano e a natureza:

É uma viagem em que há preocupação com a flora, a fauna, a geologia e os ecossistemas de uma área, assim como com as pessoas que vivem no entorno, suas necessidades, sua cultura, sua relação com a terra. O ecoturismo considera as áreas naturais como a “casa de todos nós” em um sentido global (“eco” significa “casa”), mas também especificamente “a casa dos habitantes do bairro”. É vista como uma ferramenta de conservação e desenvolvimento sustentável - especificamente em áreas onde a comunidade local é solicitada a fazer uso não predatório dos recursos naturais em favor de outros tipos de uso (p.848).

Autores como Vargas del Río e Brenner (2013) destacam a relevância da integração das comunidades locais e de atores externos para consolidar o ecoturismo como uma alternativa produtiva. Seguindo a mesma linha, Contreras (2016) afirma que o ecoturismo é uma das atividades produtivas que pode contribuir positivamente para a melhoria das economias locais e para a redução da pobreza. Por sua vez, Lara (1999) sustenta que o ecoturismo oferece suporte à sustentabilidade de outras estratégias produtivas, como silvicultura, agroecologia, educação ambiental e pesquisa científica. Embora não haja uma definição única do que seja ecoturismo, Guerrero (2010) afirma que os fundamentos teóricos do ecoturismo são bem definidos, destacando a promoção da conservação ambiental nos locais onde ocorre, a criação de benefícios econômicos e sociais para as comunidades anfitriãs, o incentivo à educação ambiental tanto para os moradores locais quanto para os visitantes, além de fomentar o desenvolvimento sustentável em nível regional.

Wearing e Neil (2000) propõem quatro características que qualificam uma prática turística como ecoturismo: (i) é uma viagem que visa conservar o ambiente natural e o espaço onde se desenvolve a atividade turística; (ii) baseia-se na fruição de elementos essenciais da natureza, como flora, fauna, paisagens e cultura; (iii) mantém adequadamente os recursos naturais; e (iv) proporciona aprendizado ao turista por meio de sua experiência como ecoturista. Beaumont (2011) estabelece três critérios essenciais para o ecoturismo: natureza, aprendizagem e sustentabilidade.

Boo (1991) também afirma que os ecoturistas geralmente são mais tolerantes às diferentes condições de vida em comparação com outros tipos de turistas. Eles frequentemente se adaptam aos costumes, condições e alimentação locais, participando de atividades que vão desde caminhadas na floresta até a exploração e estudo dos atrativos naturais dos destinos. Nesse contexto, as práticas de ecoturismo podem gerar oportunidades como: educação ambiental, intercâmbio cultural, geração de renda, valorização e conscientização dos visitantes, manutenção da biodiversidade, criação de empregos e justificativa para a preservação das áreas protegidas onde se desenvolve o ecoturismo (DRUMM; MOORE, 2005).

Dada a diversidade de interpretações, usos e práticas adotadas no ecoturismo, que variam conforme os interesses envolvidos (ambientalistas, governos, operadores turísticos, pesquisadores, comunidades locais, ecoturistas, entre outros), Kinker (2002) enfatiza a necessidade de um componente regulatório estruturado, com princípios que orientem as práticas de ecoturismo. Esses oito princípios buscam minimizar os impactos socioculturais negativos e maximizar os positivos: (i) a natureza é a principal atração; (ii) minimizar os impactos no ambiente natural e cultural; (iii) não degrada os recursos; (iv) controla o número de turistas e suas atividades nas áreas; (v) sensibilizar turistas e comunidades locais para a formação de uma consciência ambiental; (vi) promove benefícios diretos e indiretos para a conservação das áreas visitadas; (vii) gera benefícios econômicos e fortalece as comunidades locais; (viii) incentivar o respeito pelas populações locais. Embora seja desafiador seguir todos esses princípios integralmente, Kinker (2002) ressalta que esse exercício permite distinguir o que é e o que não é ecoturismo. Isso é importante porque, muitas vezes, presume-se que qualquer atividade turística desenvolvida em uma reserva natural ou área rural seja ecoturismo.

Apesar da relevância e das vantagens do ecoturismo, diversos autores atualmente questionam os benefícios econômicos que as comunidades locais realmente obtêm com essa atividade. A participação dessas comunidades costuma ser limitada e passiva, principalmente porque as empresas ecoturísticas geralmente são externas e de origem privada (NSUKWINI; BOB, 2016; PHUONG et al., 2022).

## **1.2. Ecoturismo de Base Comunitária (EBC)**

O ecoturismo de base comunitária (EBC), é uma variante do ecoturismo que visa mitigar seus efeitos negativos, observando a natureza, motivando visitantes, vendendo produtos locais, fortalecendo a comunidade e oferecendo serviços educacionais (WWF, 2001). Esta nova tendência surgiu visto que vários estudos constataram que em muitos casos o que se oferece como ecoturismo é mais um turismo de natureza, turismo de aventura ou recreação em áreas naturais, de forma que tudo relacionado ao fortalecimento e empoderamento local é deixado de lado (HILL; HILL, 2011). Nesta linha, a EBC assume

o desafio de conjugar três vertentes de grande relevância para a sustentabilidade dos territórios (ecoturismo, educação ambiental e turismo de base comunitária-TBC) que se inter-relacionam para desencadear efeitos combinados e, portanto, transcendem os gerados pela ação isolada (BENITES; MAMEDE, 2020).

Em linha com o exposto, a vertente turismo de base comunitária (TBC) enriqueceu o ecoturismo de base comunitária com um modelo de desenvolvimento local, orientado para os princípios da economia sólida, associativismo, valorização da cultura local e, principalmente, privilegiando as comunidades locais, visando a adequação por parte após dois benefícios obtidos com atividades turísticas (ARAÚJO; FORTES; RIBEIRO, 2018). É assim que, hoje, o ecoturismo de base comunitária se configura também como um contra movimento ao privilégio de agentes hegemônicos, nacionais ou internacionais, que têm buscado obter o maior lucro às custas da fragmentação e privatização do território sem preocupar-se com o bem-estar das comunidades tradicionais e dos atores envolvidos (BARRETO; TAVARES, 2017).

Nesse sentido, o ecoturismo de base comunitária considera a dimensão ambiental, educacional e social como seus eixos principais, pois parte da premissa de que sem a participação das comunidades seria impossível alcançar o desenvolvimento sustentável (BAQUERO; PARRADO, 2021). É assim que a EBC pretende que os benefícios obtidos sejam justamente para os habitantes locais, permitindo que as estruturas e capital social sejam fortalecidos através do controle, gestão e desenvolvimento de projetos de ecoturismo com aproveitamento de terras e recursos comuns de forma responsável (BENITES; MAMEDE, 2020). Assim, Jiménez (2009) define o ecoturismo de base comunitária como um instrumento no qual as comunidades participam direta e autonomamente no turismo local, comprometidas com a conservação dos recursos naturais e culturais e promovem o uso equitativo dos benefícios socioeconômicos que complementam as atividades tradicionais, promovendo assim um desenvolvimento sustentável.

De acordo com Vásquez, et al. (2010), alguns critérios importantes devem ser analisados para que o EBC seja realmente viável e sustentável:

- Identificação da população e suas características e interesses;
- Demanda de ecoturistas;
- Aceitação da comunidade;
- Tipo de atividades a serem realizadas;
- Atrativos naturais a serem preservados;
- Participação e envolvimento do governo e da comunidade;
- Ameaças a levar em consideração;
- Práticas de desenvolvimento sustentável, bem como das estratégias que, através da oferta de bens e serviços, podem contribuir para a concretização desse objetivo.

Assim, o EBC se configura em uma estratégia que integram tanto a sustentabilidade ambiental, social y cultural, quanto a participação comunitária, a justiça redistributiva, o desenvolvimento local e o controle do setor turístico por parte das comunidades locais (MTAPURI; GIAMPICCOLI, 2018; GUERRERO-MORENO; OLIVEIRA-JÚNIOR, 2024)

### 1.3. Áreas protegidas e ecoturismo de base comunitária

As Áreas protegidas (APs) são territórios definidos para a proteção da natureza, e são consideradas ferramentas importantes para alcançar os objetivos de conservação e preservação do meio natural (BENSUSAN, 2006). Desde que a primeira área protegida formalmente do mundo foi estabelecida em 1872 em Yellowstone, os parques e reservas naturais tornaram-se vitais para a preservação da biodiversidade e das paisagens no mundo (PRETTY; SMITH, 2004). Sua origem foi vista por muitos pesquisadores da época, como um marco histórico e ponto de partida para a essência das áreas protegidas (PINHEIRO et al., 2021).

Durante a década de 1930, foram criados os primeiros parques nacionais do Brasil, porém, é em 1973 que as áreas protegidas ganharam um grande impulso com a criação da Secretaria do Meio Ambiente (SEMA) (CAMPOS et al., 2011). Isso aconteceu após o Encontro das Nações Unidas para os Direitos Humanos e o Meio Ambiente, realizado em Estocolmo (Suécia), e seu objetivo era criar estações ecológicas em todos os estados do Brasil (DIEGUES, 1996).

No entanto, é a partir da Lei 9.985, de 18 de outubro de 2000, que foi instituído o Sistema Nacional de Unidades de Conservação da Natureza (SNUC), que se encarrega de estabelecer critérios e normas para unidades de conservação de melhoramento, implantação e manejo” (Lei 9.985, 2000, Art. 1). Em relação às unidades de conservação (UC), o Artigo 2, inciso I, as define como:

espaço territorial e seus recursos ambientais, incluindo as águas jurisdicionais, com características naturais relevantes, legalmente instituído pelo Poder Público com objetivos de conservação e limites definidos, sob regime especial de administração, ao qual se aplicam garantias adequadas de proteção.

Em consonância com isso, o inciso II do Art. 2º refere-se à conservação da natureza como:

o manejo do uso humano da natureza, compreendendo a preservação, a manutenção, a utilização sustentável, a restauração e a recuperação do ambiente natural, para que possa produzir o maior benefício, em bases sustentáveis, às atuais gerações, mantendo seu potencial de satisfazer as necessidades e aspirações das gerações futuras, e garantindo a sobrevivência dos seres vivos em geral.

Sob esse prisma, o SNUC (2000) considera o desenvolvimento sustentável uma alternativa para a conservação da natureza e estabelece entre seus objetivos mais importantes: Contribuir para a manutenção e restauração da diversidade biológica,

promover ou o desenvolvimento sustentável a partir de dois recursos naturais, promover práticas de conservação, valorizar as diversidades econômica e socialmente favorecer condições e promover a educação e interpretação ambiental, a recreação em contato com a natureza e o turismo ecológico e proteger os recursos naturais necessários à subsistência das populações tradicionais, respeitando e valorizando o conhecimento da sua cultura. Tudo isso se encontra em sintonia com os princípios que norteiam a EBC descritos nas páginas anteriores.

No Brasil, foram estabelecidos acordos tanto de TBC como de EBC em algumas unidades de conservação, que, estão permitindo o desenvolvimento socioeconômico sustentável por parte de povos e comunidades tradicionais, que em sua maioria, estão vinculados às unidades de conservação de uso sustentável como reservas extrativistas, florestas nacionais, reserva de desenvolvimento sustentável, entre outras (DE MORAES et al., 2024). Assim, a inclusão e participação dos residentes de UC no turismo, na Amazônia, por exemplo, tem permitido garantir a tomada de decisões sobre os processos e otimizar os benefícios derivados das atividades associadas, levantando em consideração os atores sociais de um contexto local (COELHO, 2013).

Por sua parte, o Instituto Chico Mendes de Conservação da Biodiversidade (ICMBio) foi responsável por estabelecer, em parceria com as comunidades locais, os princípios e diretrizes para a implementação de projetos voltados à promoção e fortalecimento dessas práticas nas Unidades de Conservação, além de desenvolver planos de uso que regulamentem as atividades ecoturísticas no interior das UC, assegurando a sustentabilidade e preservação desses territórios (ICMBIO, 2019; DE MORAES et al., 2024).

Assim, o Ecoturismo de Base Comunitária se configura como uma estratégia sustentável que se torna cada vez mais comum em áreas protegidas ao redor do mundo, dada a aceitação por parte de entidades governamentais, conservacionistas e populações locais. No entanto, ainda apresenta diversos aspectos a serem aprimorados, especialmente no campo da gestão e no desenvolvimento de políticas públicas que facilitem sua implementação (ZHENG et al., 2021; GUERRERO-MORENO; OLIVEIRA-JÚNIOR, 2024). A seguir, descreveremos alguns casos de sucesso do ecoturismo de base comunitária em APs.

#### 1.4. Casos de sucesso do EBC

- **Parque Nacional Leuser (Indonésia):** O estudo de Wiratno et al (2022) sobre a gestão colaborativa do EBC destaca como a colaboração entre as comunidades locais e as autoridades do parque tem sido crucial para a conservação. A criação de uma organização comunitária para gerir as atividades turísticas reduziu as atividades ilegais, como a caça furtiva, ao mesmo tempo que gerou rendimentos alternativos para a comunidade local. Isto tem contribuído para a proteção do parque e a melhoria do bem-estar da população.

- **Reserva de Wolong (China):** Uma investigação de Zheng et al (2021) na Reserva Natural de Wolong utiliza um mecanismo participativo que envolve a comunidade local no planejamento do EBC, garantindo que os seus interesses sejam representados. Isto incentivou a conservação da biodiversidade, ao mesmo tempo que melhorou o bem-estar económico da comunidade.
- **Parque Nacional Yasuní (Ecuador):** o estudo de Mestanza-Ramón et al (2022) aborda o ecoturismo comunitário como estratégia para promover a conservação das tartarugas tracajá (*Podocnemis unifilis*). Este projeto melhorou a economia local ao gerar receitas sustentáveis para as comunidades, enquanto contribui para a preservação desta espécie em perigo. A participação comunitária tem sido usada para reduzir ameaças como a caixa ilegal, promovendo uma maior consciência ambiental entre os residentes e visitantes.
- **Ecoturismo Comunitário e Indígena na América Latina:** A pesquisa de Ruiz-Mallen et al (2021) analisa como o ecoturismo comunitário e indígena tem se mostrado um catalisador para a conservação de APs na América Latina. Através da participação ativa das comunidades locais, esse tipo de turismo tem permitido proteger áreas naturais enquanto gera estratégias sustentáveis. O estudo indica que essas iniciativas não só apoiam a conservação da biodiversidade, mas também ajudam a reduzir a expansão agrícola e outros usos intensivos do solo, promovendo um uso mais responsável do território.
- **Ecoturismo de Base Comunitária na Amazônia:** Bezerra (2012) fez um estudo comparativo do EBC como estratégia eficaz para promover a conservação ambiental e o desenvolvimento sustentável. Encontrou que com a participação ativa das comunidades locais, esse tipo de turismo protege a biodiversidade e os recursos naturais enquanto gera renda sustentável. O estudo indica que essas iniciativas contribuem para o bem-estar das comunidades ribeirinhas e indígenas, fortalecendo a preservação da floresta amazônica e suas riquezas culturais.
- **Ecoturismo Comunitário e Observação de Primatas na Amazônia (Reserva de Desenvolvimento Sustentável Mamirauá- Brasil).** O estudo de Lebrão et al (2021) mostra como o ecoturismo comunitário voltado para a observação de primatas tem se mostrado uma ferramenta eficaz de conservação na Floresta Amazônica. Através da participação ativa das comunidades locais, essa atividade promove tanto a proteção das espécies de primatas como a preservação dos ecossistemas que habitam. Além disso, gera receitas sustentáveis para as comunidades envolvidas, incentivando o turismo responsável e a valorização do conhecimento tradicional, ao mesmo tempo em que contribui para a educação ambiental e a conscientização sobre a importância da biodiversidade.

## REFERÊNCIAS

ARAÚJO, F; FORTES, S; RIBEIRO, L. Ecosocioeconomia e turismo de base comunitária: Estudo sobre o projeto TBC cabula. **Revista de Gestão, Finanças e Contabilidade** – v. 8, n. 2, p. 174-192, 2018.

BARRETO, E; TAVARES, M. O Turismo de Base Comunitária em uma comunidade ribeirinha da Amazônia: O Caso de Anã na Reserva Extrativista Tapajós-Arapuins, Santarém (PA). **Revista Brasileira de Ecoturismo**, São Paulo, v.10, n.3, pp.579-611, 2017.

BAQUERO, J; PARRADO. **Percepción y conocimiento ambiental como base para una estrategia de ecoturismo en un área protegida urbana de Bogotá (Colombia)**. Turismo y Sociedad, xxix, pp. 293-314, 2021.

BEAUMONT, N. The third criterion of ecotourism: are ecotourists more concerned about sustainability than other tourists? **Journal of Ecotourism**, 10(2), 135-148, 2011.

BENSUSAN, N. **Conservação da biodiversidade em áreas protegidas**. Rio de Janeiro: FGV, 2006

BENITES, M., & MAMEDE, S. (2020). Ecoturismo de Base Comunitária na Comunidade Quilombola Furnas da Boa Sorte, Corguinho (MS): planejamento e sustentabilidade. **Revista Brasileira De Ecoturismo (RBEcotur)**, 13(1). 2020.

BEZERRA, N. P. Ecoturismo de Base Comunitária na Amazônia: Uma Análise Comparativa. **Revista Acadêmica Observatório de Inovação Do Turismo**, v. 7, n. 1, p. 3-4, 2012.

BOO, E. **Planning for ecotourism**. Parks 2, 4-8. 1991.

BRASIL. Constituição Federal do Brasil. Lei nº 9.985, de 18 de julho de 2000: **Sistema Nacional de Unidades de Conservação da Natureza e dá outras providências**. 2000.

BRIDA, J. G; RODRÍGUEZ BRINDIS, M; MEJÍA-ALZATE, M. L. La contribución del turismo al crecimiento económico de la ciudad de Medellín – Colombia. **Revista de Economía del Rosario**, 24(1), 1-23, 2021.

BUDOWSKY, T. Ecoturismo a la Tica. Hacia una Centroamérica verde, Costa Rica: **Redes**. pp.58-74, 1989.

CAMPOS, R. F.; FÉLIX, L. A. G.; VASCONCELOS, F. C. W. Política Ambiental Brasileira: histórico legal da criação de áreas protegidas. **Revista Geográfica da América Central**, n. esp. EGAL, 2011.

CEBALLOS-LASCURAIN, H. **Estudio de perfectibilidad socioeconómica del turismo ecológico y anteproyecto arquitectónico y urbanístico del centro de turismo ecológico de San Kalan, Quintana Roo**. México: SEDUE. 1987.

CISNEROS-MARTÍNEZ, J. D; FERNÁNDEZ-MORALES, A. Concentración estacional de la demanda hotelera en Argentina. **Revista de Estudios Regionales**, (106), 197-221, 2016.

COELHO, EA. Refletir sobre o turismo comunitário em Unidades de Conservação na perspectiva amazônica. **Revista Brasileira do Ecoturismo**, São Paulo, 6 (1), págs. 313-326, 2013.

CONTRERAS, G. (2016). **Ecoturismo comunitario y desarrollo sustentable en San Ildefonso, Ixtlahuaca (México) Toluca**. Universidad Autónoma del Estado de México. 2016.

DANGI, T.B.; PETRICK, J.F. **Augmenting the role of tourism governance in addressing destination justice, ethics, and equity for sustainable community-based tourism**. Tour. Hosp. 2, 15-42, 2021.

DE MORAES, E. A. *et al*. Turismo de Base Comunitária em Unidades de Conservação de uso sustentável no Brasil: para pensar práticas de gestão. **Turismo - Visão E Ação**, v. 26, p. e 19133, 2024.

DRUMM, A; MOORE, A. Ecotourism Development - **A Manual for Conservation Planners and Managers**. Volume I - An Introduction to Ecotourism Planning. 2005.

FAXINA, F; FREITAS, L. B. A. Agenda do turismo de base comunitária de Indiaroba, Sergipe Brasil: resultados de um projeto de extensão. **Tourism and Hospitality International Journal**, 14(1),75-90. 2020.

GASPAR, S. D. S. Gentrification: processo global, especificidades locais? **Ponto Urbe**, n. 6, 1, 2010.

GORDON, B. **El turismo de masas: un concepto problemático en la historia del siglo XX**. Historia Contemporánea, N°25:125. 2012

GUERRERO-MORENO M; OLIVEIRA-JUNIOR J. Approaches, trends, and gaps in community-based ecotourism research: A bibliometric analysis of publications between 2002 and 2022. **Sustainability** ,2639, 2024.

GUERRERO, R. Ecoturismo Mexicano: la promesa, la realidad y el futuro. Un análisis situacional mediante estudios de caso. **El Periplo Sustentable**, (18), 37-67.2010.

ICMBIO. **Turismo de base comunitária em Unidades de Conservação Federais: caderno de experiências**. Brasília: MMA, ICMBio. 2019.

LARA, L. El ecoturismo: ¿una opción para las reservas forestales? Caso: unidad experimental de Caparo. **Revista Forestal Venezolana**, 43(1), 69-78.1999.

LEBRÃO, C. et al. Community-Based Ecotourism and Primate Watching as a Conservation Tool in the Amazon Rainforest. **International Journal of Primatology**, 2021

LICKORISH, L. J; JENKINS, C. L. **Introdução ao turismo**. Editora Elsevier, Rio de Janeiro. 2000.

KINKER, S. **Ecoturismo e conservação da natureza em parques nacionais**. Papirus, Campinas, SP. 2002.

MESTANZA-RAMÓN, C. *et al.* Charapa Turtles (*Podocnemis unifilis*), an Opportunity to Improve Community Tourism and Contribute to Their Conservation in Yasuní National Park, Ecuador. **Sustainability**, v. 14, n. 13, p. 7548, 21, 2022.

NEL-LO M; LLANES, C. **Ecoturismo**. Editorial UOC.2016.

NSUKWINI, S.; BOB, U. Los impactos socioeconómicos del ecoturismo en las zonas rurales: un estudio de caso de Nompondo y el parque Hluhluwe-iMfolozi (HiP). **J. Hosp. Tour. Manag.**1, 5, 2016.

PINHEIRO, P. A.; DE ALMEIDA LEVINO, N.; DE LIMA FILHO, W. A. Análise da viabilidade econômica de implantação do ecoturismo de base comunitária em unidades de conservação em Murici (AL). **Diversitas Journal**, v. 6, n. 2, p. 2681-2700, 2021.

PHUONG, N.; BA, D.; DIEU, L. Evaluación del potencial del ecoturismo comunitario hacia el desarrollo sostenible: un estudio de caso en la meseta kárstica de Tua Chua, Dien Bien, Vietnam. **Geoj. Tour. Geosites**, 300–1305, 2022.

PRETTY, J.; SMITH, D. Social capital in biodiversity conservation and management. **Conserv. Biol.** 18, 631–638, 2004.

RODRIGUES, M.S; FEDER, M, V; FRATUCCI, A.C. Impactos percibidos del turismo. Un estudio comparativo con residentes y trabajadores del sector en Rio de Janeiro-Brasil *Estudios y Perspectivas en Turismo*, vol. 24, núm. 1, 2015, pp. 115-134. **Centro de Investigaciones y Estudios Turísticos**. Buenos Aires, Argentina. 2015.

VARGAS DEL RÍO, D; BRENNER, L. **Ecoturismo comunitario y conservación ambiental: la experiencia de “La Ventanilla”, Oaxaca, México**. *Estudios Sociales*, 21(41), 32-63. 2013.

WALLACE, G; PIERCE, S. **An evaluation of ecotourism in Amazonas, Brazil**.1996.

WEAVER, D. B; LAWTON, L. J. Overnight ecotourism market segmentation in the Gold Coast hinterland of Australia. **Journal of Travel Research**, 40(3), 270-280,2002.

WIRATNO, W. et al. Ecotourism as a Resource Sharing Strategy: Case Study of Community-Based Ecotourism at the Tangkahan Buffer Zone of Leuser National Park, Langkat District, North Sumatra, Indonesia. **Sustainability**, v. 14, n. 6, p. 3399, 2022.

WWF. World Wide Fund for Nature. **Directrices para el desarrollo del turismo comunitario**. Londres-WWF International. 2001.

ZHENG, B. et al. The Future of Community-Based Ecotourism (CBET) in China’s Protected Areas: A Consistent Optimal Scenario for Multiple Stakeholders. **Forests**, v. 12, n. 12, p. 1753, 2021.

# INOVAÇÃO SOCIAL E BIOECONOMIA: CAMINHOS PARA A SUSTENTABILIDADE EM COMUNIDADES TRADICIONAIS NO INTERIOR DA AMAZÔNIA

*Data de aceite: 02/10/2024*

### **Clayton André Maia dos Santos**

Universidade Federal do Oeste do Pará  
(UFOPA)  
Santarém-Pará

CV: <http://lattes.cnpq.br/7297985315800725>  
ORCID: <https://orcid.org/0009-0008-7002-4186>

### **Márcio José Moutinho da Ponte**

Universidade Federal do Oeste do Pará  
(UFOPA)  
Santarém-Pará

CV: <http://lattes.cnpq.br/4760076685971693>  
ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-0724-3721>

### **Celson Pantoja Lima**

Universidade Federal do Oeste do Pará  
(UFOPA)  
Santarém-Pará

CV: <http://lattes.cnpq.br/8023221925416524>  
ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-8074-8566>

**RESUMO:** A crescente consciência ambiental nas últimas décadas tem impulsionado a busca por soluções sustentáveis, destacando-se a bioeconomia e a inovação social como pilares essenciais para o desenvolvimento sustentável. A bioeconomia tem ganhado relevância especialmente na região amazônica,

onde estratégias voltadas para a gestão sustentável dos recursos naturais e a redução da dependência de fontes não renováveis são prioritárias. Paralelamente, a inovação social emerge como uma abordagem que integra dimensões sociais e ecológicas, promovendo a inclusão e o empoderamento das comunidades tradicionais. Este estudo propõe a construção e validação de um modelo conceitual que integra inovação social com bioeconomia na Amazônia, visando analisar seu impacto na sustentabilidade ambiental e na resiliência econômica das cadeias de valor da bioeconomia no interior da Amazônia. O modelo conceitual proposto oferece uma estrutura teórica robusta para promover um desenvolvimento da bioeconomia sustentável e inclusivo na Amazônia, reforçando a necessidade de cooperação entre atores diversos e a valorização dos conhecimentos tradicionais. Este modelo conceitual, ao ser aplicado e validado em contextos reais, contribui significativamente para a literatura acadêmica e oferece um guia prático para futuras iniciativas de bioeconomia na Amazônia e em outras regiões com características semelhantes.

**PALAVRAS-CHAVE:** Inovação Social, Bioeconomia, Sustentabilidade, Amazônia.

## SOCIAL INNOVATION AND BIOECONOMY: PATHS TOWARDS SUSTAINABILITY IN TRADITIONAL COMMUNITIES IN THE INTERIOR AMAZON

**ABSTRACT:** The growing environmental awareness in recent decades has driven the search for sustainable solutions, with bioeconomy and social innovation standing out as essential pillars for sustainable development. Bioeconomy has gained relevance especially in the Amazon region, where strategies aimed at the sustainable management of natural resources and reducing dependence on non-renewable sources are priorities. At the same time, social innovation emerges as an approach that integrates social and ecological dimensions, promoting the inclusion and empowerment of traditional communities. This study proposes the construction and validation of a conceptual model that incorporates social innovation with bioeconomy in the Amazon, aiming to analyze its impact on environmental sustainability and the economic resilience of bioeconomy value chains in the interior of the Amazon. The proposed conceptual model offers a robust theoretical framework to promote sustainable and inclusive bioeconomy development in the Amazon, reinforcing the need for cooperation between diverse actors and the valorization of traditional knowledge. This conceptual model, when applied and validated in real contexts, contributes significantly to the academic literature and offers a practical guide for future bioeconomy initiatives in the Amazon and other regions with similar characteristics.

**KEYWORDS:** Social Innovation, Bioeconomy, Sustainability, Amazon.

### 1. INTRODUÇÃO

Durante as últimas décadas, a consciência ambiental aumentou. Temas como mudanças climáticas e a preocupação com o futuro do planeta têm movido o mercado em busca de soluções mais sustentáveis, entrando no foco da política, da sociedade, da indústria e da pesquisa. Ao mesmo tempo, o crescimento econômico de muitos países não atingiu todo o seu potencial.

A bioeconomia ou economia de base biológica, engloba o uso econômico de biomassa ou processos biológicos. A FAO (Organização das Nações Unidas para Alimentação e Agricultura) define bioeconomia de uma maneira ampla como produção, utilização e conservação de recursos biológicos, incluindo conhecimento associado, ciência, tecnologia e inovação, para o fornecimento de informações, produtos, processos e serviços para todos os setores econômicos visando uma economia sustentável.

Diversas estratégias de bioeconomia vêm sendo desenvolvidas no mundo (PATERNAN E AGUILAR, 2018) e, principalmente na região amazônica (ABRAMOVAY et al. (2021). Em suma, todas as estratégias buscam se desenvolver em conceitos cada vez mais proeminentes para líderes políticos e administração de políticas (MOULAERT, 2013). Ambos prometem grandes mudanças e respostas para questões prementes. Tais estratégias identificam vários objetivos principais, como a necessidade de reduzir a dependência de recursos não renováveis ou a gestão sustentável dos recursos naturais, bem como o fornecimento de produção mais limpa em todos os domínios econômicos

possíveis (EUROPEAN UNION, 2018) (BELL et al., 2018). Tudo isso representa uma oportunidade para o setor de base florestal assumir a liderança no desenvolvimento sustentável da bioeconomia (WOLFSLEHNER et al., 2016). Os negócios de base florestal podem contribuir para uma biossociedade sustentável e inclusiva.

Aliada a bioeconomia, a inovação social está atraindo cada vez mais a atenção acadêmica (GORRIZ MIFSUD, et al., 2019) (LUDVIG et al., 2019) (MELNYKOVYCH et al., 2018) (NIJNIK et al., 2019) (SECCO et al., 2019). A Inovação Social é diferente de outras estratégias de inovação porque vai além do foco na inovação técnica, voltada para empresas para incluir outros setores, como saúde, serviços sociais e educação (LUDVIG et al., 2019). Acrescenta uma dimensão social à *inovação*, incluindo inovação sócio-ecológica (MELNYKOVYCH et al., 2018) e renascimento econômico para áreas rurais remotas (GORRIZ MIFSUD, et al., 2019) (LUDVIG et al., 2019) (MELNYKOVYCH et al., 2018) (NIJNIK et al., 2019). Este trabalho busca desenvolver um modelo conceitual de Inovação Social com foco na Bioeconomia e examinar como a bioeconomia pode lucrar com a inovação social em comunidades tradicionais na Amazônia.

## 1.1 Motivação e Caracterização do Problema

Objetivamente, o trabalho propõe a construção e validação de um **modelo conceitual para Inovação Social com foco na Bioeconomia na Amazônia**. Nesse contexto é ideal identificar as principais características da inovação social para, posteriormente, descobrir como ela se encaixa na bioeconomia. Ressalta-se que a bioeconomia não tem uma definição consensual (PATTERMAN & AGUILAR, 2018) e desempenha papéis diferentes em diferentes países da UE (EUROPEAN UNION, 2018).

Os objetivos da inovação social são normativos e abrangem uma ampla gama de aspectos diversos. Um exemplo é o “Fórum sobre Inovações Sociais” da Organização para a Cooperação e Desenvolvimento Econômico (OCDE) que desenvolveu uma definição geral de trabalho de inovação social afirmando que “pode envolver mudança conceitual, de processo ou de produto, mudança organizacional e mudanças no financiamento e pode lidar com novos relacionamentos com partes interessadas e territórios”. A inovação social busca novas respostas para problemas sociais por meio de: (1) Identificação e entrega de novos serviços que melhoram a qualidade de vida de indivíduos e comunidades; e (2) identificar e implementar novos processos de integração no mercado de trabalho, novas competências, novos empregos e novas formas de participação, como diversos elementos que contribuem para melhorar a posição dos indivíduos na força de trabalho.

Nesta visão, as inovações sociais são consideradas como aquelas que lidam com o bem-estar dos indivíduos e das comunidades. Vinculada à bioeconomia e à rede de atores florestais, a inovação social inclui valores sociais e confiança entre as diferentes

partes interessadas, a fim de maximizar os benefícios para todos. Assim, é a sociedade e/ou os indivíduos (tanto como consumidores quanto como produtores) que estão incluídos no processo de inovação, especialmente quando suas necessidades e demandas estão iniciando inovações. Até agora, existem várias definições de inovação social (SINCLAIR & BAGLIONI et. al., 2014) (STAFFAS et. al., 2013) (BOCK, 2012).

Polman et al., (2017) desenvolveram uma definição do conceito: “IS é a reconfiguração das práticas sociais, em resposta aos desafios da sociedade, que procura melhorar os resultados no bem-estar da sociedade e inclui necessariamente o envolvimento de atores da sociedade civil”. A inovação social é compreendida de diferentes ângulos por seus diversos proponentes.

A temática de inovação social e bioeconomia na Amazônia reveste-se de considerável relevância social, econômica e política no contexto atual. Politicamente, a região amazônica é um ponto focal de discussões globais sobre sustentabilidade, conservação ambiental e combate às mudanças climáticas, dada sua vasta biodiversidade e papel crucial no sequestro de carbono.

Economicamente, a bioeconomia emerge como uma alternativa promissora para o desenvolvimento sustentável, oferecendo caminhos para a geração de valor a partir de recursos biológicos renováveis, minimizando impactos ambientais negativos e promovendo a diversificação econômica das comunidades locais.

Socialmente, a inovação social se configura como um mecanismo essencial para a inclusão e empoderamento das populações tradicionais e indígenas, garantindo que suas práticas e conhecimentos sejam integrados nas estratégias de desenvolvimento regional.

A crescente pressão por desmatamento, exploração de recursos naturais e degradação ambiental na Amazônia destaca a necessidade urgente de abordagens inovadoras que conciliem conservação ambiental com o bem-estar das comunidades locais. Além disso, a bioeconomia pode contribuir significativamente para a criação de empregos sustentáveis e para a redução da pobreza, promovendo um desenvolvimento que respeite as particularidades culturais e ambientais da região. Nesse sentido, o desenvolvimento de um modelo conceitual que integre inovação social e bioeconomia na Amazônia não apenas responde a demandas urgentes de sustentabilidade, mas também apoia a formulação de políticas públicas mais eficazes e inclusivas, capazes de equilibrar interesses econômicos, sociais e ambientais.

Do ponto de vista acadêmico e científico, o estudo sobre inovação social e bioeconomia na Amazônia representa uma contribuição significativa para o campo das Ciências Ambientais, ao abordar uma interseção complexa e multifacetada de temas que ainda carecem de exploração aprofundada.

Contudo, a construção de um modelo conceitual específico para a Amazônia permite preencher lacunas existentes na literatura, oferecendo uma estrutura teórica robusta que

pode ser aplicada e adaptada em contextos semelhantes, tanto regionais, quanto globais. Além disso, a pesquisa promove uma abordagem interdisciplinar, integrando conhecimentos de áreas como sociologia, economia, gestão ambiental e ciência política, enriquecendo a compreensão das dinâmicas envolvidas na implementação de inovações sociais em contextos de bioeconomia. A relevância deste trabalho também se evidencia no potencial geração de novos *insights* sobre como práticas inovadoras podem ser desenhadas e implementadas de forma a maximizar benefícios socioambientais, incentivando a sustentabilidade e a resiliência das cadeias de valor da bioeconomia na Amazônia.

## 1.2 Pergunta de Pesquisa, Objetivo e Hipóteses

Diante dos pressupostos acima mencionados, este trabalho busca investigar alguns problemas, a saber: Como um modelo conceitual de inovação social pode integrar efetivamente o conhecimento tradicional e as práticas de bioeconomia modernas nas comunidades amazônicas?

Nesta perspectiva, o projeto objetiva criar um modelo conceitual inovação social com foco na Bioeconomia na Amazônia, com o intuito de analisar o impacto das práticas de inovação social na sustentabilidade ambiental e na resiliência econômica das cadeias de valor da bioeconomia na região amazônica.

Este trabalho atua sob duas hipóteses:

- **Hipótese 1: A Inovação Social aumenta a sustentabilidade ambiental das cadeias de valor da bioeconomia na Amazônia;**
- **Hipótese 2: A Inovação Social melhora a resiliência econômica das comunidades tradicionais na Amazônia.**

## 2. REVISÃO DA LITERATURA

O presente trabalho envolve Inovação, Ecossistemas de Inovação, Inovação Social e Bioeconomia como principais elementos conceituais. Diante disso, o trabalho visa gerar conhecimento que possa auxiliar entidades do governo, da academia, da iniciativa privada e da sociedade a compreender como seus esforços podem melhorar a qualidade de vida dos povos.

A Amazônia, reconhecida mundialmente por sua vasta biodiversidade e importância ambiental, enfrenta desafios significativos relacionados ao desenvolvimento sustentável e à conservação de seus recursos naturais. Nesse contexto, a bioeconomia surge como uma alternativa promissora para promover o uso sustentável dos recursos biológicos, alinhando-se com os objetivos de desenvolvimento sustentável (ODS) das Nações Unidas. Paralelamente, a inovação social tem se destacado como uma ferramenta essencial para

engajar comunidades locais e promover soluções inclusivas e sustentáveis. Esta revisão da literatura explora as interconexões entre inovação, ecossistemas de inovação, inovação social e bioeconomia na Amazônia, destacando sua relevância e potencial para transformar as dinâmicas socioeconômicas e ambientais da região.

Nesse contexto, entram as ideias de Inovação Social (PUE et al., 2016) (LUDVIG et al., 2019) com prospecção para a Bioeconomia e Sustentabilidade. Diversas abordagens e conceitos da Bioeconomia propostas por (KERSHAW et al., 2021) (WYDRA, 2020) (BUGGE et al., 2016) (BRORING et al., 2020) (DIETZ et al., 2018). O trabalho percorre ainda a área de Ecossistemas de Inovação (GRANSTRANDA & HOLGERSSON, 2020), através das Redes de Colaboração; além dos elementos constituintes do modelo de Quádrupla Hélice (GRUNDEL & DAHLSTRÖM, 2016) e seus efeitos na Inovação Social e na Bioeconomia.

## 2.1 Inovação e Ecossistemas de Inovação

A inovação é um processo fundamental para o desenvolvimento econômico e social, caracterizado pela criação e aplicação de novas ideias, produtos, serviços ou processos que agregam valor (SCHUMPETER, 1942). Segundo Christensen (1997), a inovação pode ser disruptiva, transformando mercados e criando novos nichos, ou incremental, aprimorando produtos e processos existentes. Nos últimos anos, o conceito de ecossistemas de inovação ganhou destaque como uma abordagem holística que integra diversos atores, como universidades, empresas, governo e sociedade civil, em um ambiente colaborativo que fomenta a inovação (ADNER, 2006).

Os ecossistemas de inovação são cruciais para o desenvolvimento sustentável, pois promovem a troca de conhecimentos, a cooperação entre diferentes setores e a criação de redes de apoio que facilitam a implementação de inovações. No contexto da Amazônia, a construção de ecossistemas de inovação deve considerar as particularidades regionais, incluindo a diversidade cultural, a presença de comunidades tradicionais e os desafios ambientais específicos. Estudos de Carayannis e Campbell (2009) destacam que ecossistemas de inovação bem-sucedidos dependem de uma governança eficaz, infraestrutura adequada e uma cultura de colaboração e experimentação.

## 2.2 Inovação Social

A inovação social refere-se à criação e implementação de novas soluções que atendem a necessidades sociais de maneira mais eficaz, equitativa e sustentável (MULGAN et al., 2007). Diferente da inovação tradicional, que geralmente foca em ganhos econômicos, a inovação social enfatiza o impacto social e a transformação das condições de vida das comunidades. De acordo com Westley et al. (2011), a inovação social é essencial para

enfrentar desafios complexos e interconectados, como a pobreza, a exclusão social e as crises ambientais.

Na Amazônia, a inovação social desempenha um papel vital na promoção da inclusão das comunidades locais, especialmente povos indígenas e ribeirinhos, nas iniciativas de desenvolvimento sustentável. Essas comunidades possuem conhecimentos tradicionais e práticas sustentáveis que podem ser integrados às estratégias de bioeconomia, criando soluções adaptadas às realidades locais. Além disso, a inovação social pode facilitar a criação de redes de cooperação e o empoderamento das comunidades, promovendo a resiliência socioeconômica frente às adversidades ambientais e econômicas.

### **2.3 Bioeconomia na Amazônia**

A bioeconomia é definida como um sistema econômico que utiliza recursos biológicos renováveis, processos e produtos para gerar valor econômico, promovendo a sustentabilidade ambiental (ADAMS et al., 2016). Na Amazônia, a bioeconomia tem o potencial de transformar a utilização dos recursos naturais, incentivando práticas sustentáveis que preservam a biodiversidade e promovem o desenvolvimento econômico das comunidades locais. Segundo Marinheiro e Demetriades (2015), a bioeconomia na Amazônia abrange diversas áreas, como a produção de bioprodutos, bioenergia, ecoturismo e manejo sustentável de florestas.

A implementação da bioeconomia na Amazônia enfrenta desafios significativos, incluindo a necessidade de infraestrutura adequada, capacitação técnica e financiamento. Além disso, é essencial garantir que as iniciativas de bioeconomia respeitem os direitos e conhecimentos das comunidades locais, promovendo um desenvolvimento inclusivo e equitativo. A integração da inovação social na bioeconomia pode ajudar a superar esses desafios, criando soluções que combinam conhecimentos tradicionais com tecnologias modernas para promover a sustentabilidade e a resiliência das cadeias de valor da bioeconomia na Amazônia.

### **2.4 Interseção entre Inovação Social e Bioeconomia**

A interseção entre inovação social e bioeconomia na Amazônia representa uma abordagem integrada para promover o desenvolvimento sustentável. A inovação social pode potencializar a bioeconomia ao envolver ativamente as comunidades locais na criação e implementação de iniciativas sustentáveis, garantindo que essas iniciativas sejam socialmente inclusivas e ambientalmente responsáveis. Estudos de Smith et al. (2019) indicam que a colaboração entre diferentes atores dentro dos ecossistemas de inovação é crucial para o sucesso das iniciativas de bioeconomia, permitindo a troca de conhecimentos e a co-criação de soluções adaptadas às necessidades locais.

Além disso, a inovação social pode contribuir para a criação de cadeias de valor mais resilientes, capazes de enfrentar desafios como as mudanças climáticas e a degradação ambiental. A resiliência das cadeias de valor da bioeconomia na Amazônia é fundamental para garantir a continuidade das atividades econômicas e a sustentabilidade das comunidades envolvidas. A integração de práticas inovadoras que promovem a sustentabilidade ambiental e a inclusão social pode aumentar a resiliência das cadeias de valor, tornando-as mais adaptáveis e capazes de responder a crises e mudanças no ambiente.

Apesar do potencial promissor, a integração da inovação social e bioeconomia na Amazônia enfrenta diversos desafios. A complexidade socioambiental da região, a falta de infraestrutura adequada, a necessidade de financiamento e a resistência a mudanças são obstáculos que devem ser superados para promover um desenvolvimento sustentável efetivo. Além disso, a proteção dos direitos das comunidades locais e a valorização dos conhecimentos tradicionais são aspectos críticos que precisam ser considerados para garantir a equidade e a justiça social nas iniciativas de bioeconomia.

Por outro lado, a Amazônia oferece inúmeras oportunidades para a implementação de inovações sociais na bioeconomia. A rica biodiversidade da região, combinada com a diversidade cultural das comunidades locais, cria um ambiente propício para a criação de soluções inovadoras e sustentáveis. A crescente conscientização global sobre a importância da conservação ambiental e do desenvolvimento sustentável também proporciona um contexto favorável para o apoio e financiamento de iniciativas de bioeconomia na Amazônia.

### **3. METODOLOGIA**

Esta seção destina-se a apresentar as delimitações metodológicas da pesquisa, isto inclui as metodologias aplicadas, os métodos e procedimentos utilizados para o desenvolvimento de um modelo conceitual de inovação social aplicado a bioeconomia no interior da Amazônia.

Segundo Lakatos e Marconi (1983), uma pesquisa é um processo cognitivo que contém formalismo, regras e padrões a serem seguidos, utiliza-se do método científico para condução e delineamento do percurso da pesquisa.

A pesquisa aqui apresentada fundamenta-se no empirismo indutivista de Francis Bacon (1561 – 1626), o qual aplica o método científico tradicional: partindo de observações sistemáticas, formulação de hipóteses, seguido de experimentações e conclusões.

Esta pesquisa pode ser classificada como do tipo exploratória e descritiva. Exploratória porque utilizará resultados de experimentos para verificar suas hipóteses e validar o modelo. Descritiva porque analisará a relação entre variáveis participantes.

## 3.1 Procedimentos Metodológicos

### 3.1.1 Identificação da cadeia do Bioproduto aplicado a pesquisa

A região do Baixo Amazonas, rica em biodiversidade e tradições extrativistas, abriga importantes cadeias produtivas voltadas para a exploração sustentável de recursos naturais, como a castanha-do-pará (*Bertholletia excelsa*) e o cumaru (*Dipteryx odorata*). Essas cadeias não apenas contribuem para a economia local, mas também promovem a conservação ambiental e o fortalecimento das comunidades tradicionais.

As cadeias produtivas da castanha-do-pará e do cumaru na região do Baixo Amazonas representam modelos de bioeconomia sustentável que aliam a conservação ambiental à geração de renda e ao empoderamento das comunidades locais. A integração de práticas inovadoras e sustentáveis nessas cadeias é essencial para enfrentar os desafios socioambientais da região, promovendo um desenvolvimento equilibrado e resiliente. Investir na sustentabilidade e na inovação social dessas cadeias não apenas fortalece a economia local, mas também contribui para a preservação da rica biodiversidade amazônica, servindo como exemplo para outras regiões que buscam harmonizar desenvolvimento econômico e conservação ambiental.

### 3.1.2 Identificação das comunidades

Para a realização desse trabalho utilizamos como elementos de estudo comunidades da região do Baixo-Amazonas, a saber comunidades de povos tradicionais das cidades de Oriximiná e Santarém e que possuam alguma organização social para aplicabilidade do estudo. Durante o período do estudo, foi primordial constituir parcerias com cooperativas e associações para integrar o conhecimento dos povos tradicionais com o conhecimento científico, trazido pela pesquisa e diversas empresas parceiras. Para isso, foram constituídos projetos de pesquisa e extensão universitária para subsidiar os elementos do modelo conceitual deste trabalho.

### 3.1.3 Ambiente de Pesquisa: Amazônia – Baixo Amazonas

A bioeconomia desempenha um papel fundamental na região do Baixo Amazonas, contribuindo significativamente para o desenvolvimento sustentável, a conservação ambiental e o bem-estar socioeconômico das comunidades locais. O Baixo Amazonas, com sua vasta biodiversidade e rica variedade de recursos naturais, oferece uma base sólida para o desenvolvimento da bioeconomia. A utilização sustentável de recursos como plantas medicinais, frutas, fibras naturais e madeira certificada permite a criação de produtos de alto valor agregado, promovendo a geração de renda sem comprometer a integridade dos ecossistemas. Essa valorização dos recursos biológicos não apenas impulsiona a economia local, mas também incentiva práticas de manejo sustentável que preservam a biodiversidade.

Ao valorizar os recursos naturais de forma sustentável e envolver ativamente as comunidades locais, a bioeconomia contribui para um desenvolvimento equilibrado e resiliente, capaz de enfrentar os desafios socioambientais contemporâneos. A implementação efetiva da bioeconomia na região do Baixo Amazonas pode servir de modelo para outras áreas amazônicas e regiões tropicais, demonstrando como a integração entre economia, sociedade e meio ambiente pode conduzir a um futuro mais sustentável e justo.

#### 4. MODELO CONCEITUAL

A crescente demanda por soluções sustentáveis e inclusivas para os desafios socioambientais na Amazônia tem impulsionado a investigação sobre a integração de inovação social e bioeconomia como mecanismos para promover a sustentabilidade regional. O modelo conceitual proposto na Figura 1, visa estruturar essa integração, destacando como elementos de inovação social, bioeconomia, sustentabilidade e tecnologia interagem dentro de um contexto ambiental dinâmico.

Figura 1 - Modelo Conceitual de Inovação Social.



Este modelo oferece uma estrutura abrangente para entender como essas componentes se influenciam mutuamente e como o ambiente atua como um fator determinante na adaptação e sobrevivência das entidades envolvidas. A seguir, detalha-se cada um dos componentes do modelo, suas interações e a influência do contexto ambiental.

## 4.1 Elementos Genéricos do Modelo

### 4.1.1 Inovação Social

A inovação social é definida como a criação e implementação de novas soluções que atendem a necessidades sociais de maneira mais eficaz, equitativa e sustentável. No contexto amazônico, a inovação social envolve a participação ativa das comunidades locais, incluindo povos indígenas e ribeirinhos, na co-criação de soluções que respeitam e incorporam seus conhecimentos tradicionais. Essas inovações podem abranger desde novos modelos de gestão comunitária de recursos naturais até a criação de produtos e serviços da bioeconomia na Amazônia que geram valor econômico sem comprometer a integridade ambiental.

### 4.1.2 Bioeconomia

A bioeconomia refere-se ao uso sustentável de recursos biológicos renováveis, processos e produtos para gerar valor econômico. Na Amazônia, a bioeconomia abrange uma variedade de atividades, incluindo a produção de bioprodutos, bioenergia, ecoturismo e manejo sustentável de florestas. A bioeconomia na região tem o potencial de diversificar as fontes de renda das comunidades locais, reduzir a dependência de atividades econômicas degradantes como o desmatamento e promover a conservação da biodiversidade. A integração da bioeconomia com a inovação social permite que as iniciativas sejam não apenas economicamente viáveis, mas também socialmente inclusivas e ambientalmente responsáveis.

### 4.1.3 Sustentabilidade

A sustentabilidade é um princípio central que permeia o modelo conceitual, englobando aspectos ambientais, sociais e econômicos. No contexto da Amazônia, a sustentabilidade envolve a preservação da biodiversidade, a manutenção dos ecossistemas, a promoção da justiça social e a garantia de que as atividades econômicas não comprometam os recursos naturais para as futuras gerações. A sustentabilidade é tanto um objetivo quanto um critério para avaliar a eficácia das iniciativas de inovação social e bioeconomia, assegurando que essas práticas contribuam para um desenvolvimento equilibrado e duradouro.

### 4.1.4 Tecnologia

A tecnologia desempenha um papel crucial no modelo conceitual, atuando como um facilitador da inovação social e da bioeconomia. Tecnologias verdes, como biotecnologia, ferramentas digitais e práticas de manejo sustentável, são essenciais para otimizar processos produtivos, reduzir desperdícios e melhorar a gestão dos recursos naturais. Na Amazônia, a adoção de tecnologias apropriadas pode aumentar a eficiência das cadeias de valor da bioeconomia na Amazônia, promover a inovação social e fortalecer a sustentabilidade das iniciativas. A tecnologia, portanto, não é apenas um elemento operacional, mas também uma força propulsora que conecta inovação social e bioeconomia de maneira integrada e sinérgica.

## 4.2 Relações entre os Elementos

Os quatro elementos genéricos – inovação social, bioeconomia, sustentabilidade e tecnologia – estão interligados por meio de relações dinâmicas que promovem a coevolução dessas componentes dentro do ecossistema de inovação. A inovação social impulsiona a bioeconomia ao engajar as comunidades locais na criação de soluções sustentáveis que utilizam recursos biológicos de maneira eficiente e responsável. Por sua vez, a bioeconomia fornece a base econômica e os recursos necessários para a implementação de inovações sociais, garantindo que essas iniciativas sejam economicamente viáveis e escaláveis.

A sustentabilidade serve como um princípio orientador que assegura que tanto a inovação social quanto a bioeconomia sejam conduzidas de maneira a respeitar e preservar os recursos naturais e sociais da região. A tecnologia, integrada a esses processos, facilita a aplicação prática das inovações, melhorando a eficiência e a eficácia das iniciativas e permitindo a monitorização e avaliação contínua de seu impacto.

## 4.3 Contexto Ambiental e Elementos de Sustentação

O modelo conceitual está imerso em um contexto fornecido pelos Elementos de Sustentação do Ambiente, que atuam como fatores externos que podem favorecer ou inibir os fluxos de conhecimento e a interação entre os elementos genéricos. Esses elementos de sustentação incluem políticas públicas, infraestruturas de apoio, financiamento, educação, cultura local e instituições regulatórias. A eficácia com que esses elementos interagem e suportam as iniciativas de inovação social e bioeconomia determina a viabilidade e o sucesso das cadeias de valor bioeconômicas.

Por exemplo, políticas públicas que incentivam práticas sustentáveis e fornecem suporte financeiro para projetos de bioeconomia podem facilitar a implementação de inovações sociais, criando um ambiente favorável para o desenvolvimento sustentável. Em contraste, a falta de infraestrutura adequada ou a ausência de regulamentações claras podem representar barreiras significativas, dificultando a adoção de novas tecnologias e a participação ativa das comunidades locais.

## 4.4 Seleção e Adaptação das Entidades

O ambiente também desempenha um papel crucial na seleção das entidades que irão prosperar e sobreviver. As entidades, que podem ser organizações comunitárias, empresas bioeconômicas ou iniciativas de inovação social, devem constantemente buscar maneiras de melhorar sua adaptação e aumentar suas chances de sobrevivência no ambiente competitivo e em constante mudança da Amazônia. Essa busca por adaptação pode envolver a adoção de novas tecnologias, a incorporação de práticas sustentáveis ou a implementação de estratégias inovadoras para engajar as comunidades locais.

A capacidade de adaptação das entidades é influenciada pela interação contínua com os elementos de sustentação do ambiente. Entidades que conseguem se adaptar de maneira eficaz às condições ambientais, aproveitando os recursos disponíveis e respondendo às demandas sociais e econômicas, são mais propensas a prosperar e contribuir para a sustentabilidade e resiliência das cadeias de valor bioeconômicas. Esse processo de seleção natural dentro do modelo conceitual assegura que apenas as práticas e tecnologias mais adequadas e sustentáveis sejam adotadas, promovendo um ciclo contínuo de melhoria e inovação.

#### **4.5 Fluxos de Conhecimento e Interação**

Os fluxos de conhecimento são facilitados pelas interações entre os elementos de inovação social, bioeconomia, sustentabilidade e tecnologia. A troca de informações, experiências e melhores práticas entre diferentes stakeholders – incluindo comunidades locais, pesquisadores, instituições governamentais e empresas – é essencial para a criação de soluções inovadoras que atendam às necessidades específicas da Amazônia. Esses fluxos de conhecimento são dinamicamente influenciados pelos Elementos de Sustentação do Ambiente, que podem facilitar ou restringir a comunicação e a colaboração entre os diferentes atores envolvidos.

A inovação social, ao promover a participação ativa das comunidades locais, garante que o conhecimento tradicional e as práticas sustentáveis sejam integrados ao desenvolvimento das cadeias de valor da bioeconomia na Amazônia. Essa integração não apenas enriquece o processo de inovação, mas também assegura que as soluções desenvolvidas sejam culturalmente adequadas e ambientalmente viáveis. A bioeconomia, por sua vez, fornece os recursos e a infraestrutura necessária para a implementação dessas inovações, criando um ciclo de retroalimentação positiva que fortalece a sustentabilidade e a resiliência das cadeias de valor.

#### **4.6 Instanciação do Modelo**

A aplicação prática de um modelo conceitual é essencial para validar suas premissas e demonstrar sua eficácia em contextos reais. Nesta seção, apresenta-se a instanciação do modelo conceitual de inovação social na Amazônia com foco na bioeconomia, tendo como estudo de caso a região do Baixo Amazonas. O projeto em questão, exemplifica como os elementos genéricos de Inovação Social, Bioeconomia, Tecnologia e Sustentabilidade interagem dentro do contexto ambiental e socioeconômico da região, promovendo o desenvolvimento sustentável e a resiliência das cadeias de valor da bioeconomia.

O projeto é aplicado em comunidades do Baixo Amazonas, visando transformar as cadeias produtivas da castanha-do-pará e do cumaru em um modelo de bioeconomia

sustentável. O projeto envolve a integração de práticas de inovação social, a utilização de tecnologias e a promoção da sustentabilidade ambiental e social.

No âmbito da inovação social, o projeto promove a participação ativa das comunidades locais na gestão das cadeias produtivas. Foram estabelecidas **cooperativas comunitárias e associações de indígenas e quilombolas** que deverão permitir a inclusão dos moradores na tomada de decisões e na implementação de práticas sustentáveis. A inovação social se manifesta através de **programas de capacitação** que ensinam técnicas de manejo sustentável, processamento eficiente das cadeias e estratégias de comercialização que agregam valor ao produto.

A bioeconomia é o eixo central do projeto, focando na utilização sustentável dos recursos biológicos renováveis, especificamente as cadeias da castanha-do-pará e do cumaru. A cadeia de valor deverá abranger desde a coleta seletiva dos produtos florestais não madeireiros, até a produção de produtos derivados, como óleos, alimentos processados e cosméticos naturais. A diversificação das atividades econômicas deverá reduzir a dependência da região em atividades degradantes, como o desmatamento para agricultura extensiva, promovendo uma economia mais resiliente e sustentável.

A tecnologia deverá desempenhar um papel crucial no aprimoramento das práticas de bioeconomia. Para tal, deverá ser desenvolvido um **observatório de dados da bioeconomia** na região que atuará como forte ferramenta de monitoramento, controle e socialização no cenário da bioeconomia na região do Baixo Amazonas. As pesquisas indicam também que **tecnologias de secagem solar da castanha-do-Pará** para reduzir a umidade dos produtos, minimizando perdas por fungos e melhorando a qualidade do produto, desta forma como instanciamento e validação procura-se analisar e aplicar melhorias no processo da cadeia produtiva da bioeconomia, mais especificamente este trabalho propõe uma mudança no processo dos atuais métodos de secagem da cadeia produtiva da castanha-do-Pará. Além disso, deverão ser implementados **sistemas de rastreamento digital** com garantia de segurança que informações sobre a origem dos produtos sejam registradas de forma imutável, o que permite uma transparência na cadeia produtiva, garantindo a certificação de sustentabilidade e facilitando o acesso a mercados *premium*. A utilização de **ferramentas digitais** para a gestão das cooperativas e a comercialização dos produtos permitirão o alcance e a eficiência das operações.

A sustentabilidade, tanto ambiental, quanto social e econômica, deverá ser integrada em todas as fases do projeto. Ambientalmente, o manejo sustentável buscará preservar a biodiversidade local e os ecossistemas florestais. Socialmente, a criação das cooperativas comunitárias deverá promover a inclusão e o empoderamento das comunidades locais, melhorando sua qualidade de vida e garantindo a distribuição equitativa dos benefícios econômicos. Economicamente, a diversificação das fontes de renda aumentará a resiliência das cadeias de valor, protegendo-as contra flutuações de mercado e adversidades ambientais.

O sucesso do projeto deverá ser influenciado pelos **Elementos de Sustentação do Ambiente**, que busca incluir políticas públicas favoráveis, acesso a financiamentos sustentáveis, infraestrutura adequada e uma cultura local receptiva à inovação. **Políticas públicas** de incentivo à bioeconomia e à sustentabilidade fornecerão um arcabouço regulatório que facilitará a implementação das práticas inovadoras. Financiamentos provenientes de programas governamentais e organizações não-governamentais permitirão a aquisição de tecnologias e a capacitação das comunidades. **Infraestrutura** adequada, como centros de processamento e redes de distribuição, deverão suportar as cadeias produtivas da bioeconomia na Amazônia, enquanto a **cultura local** valorizará os conhecimentos tradicionais e a colaboração comunitária, fortalecendo a coesão social e a adoção de práticas sustentáveis.

Dentro do contexto ambiental dinâmico da Amazônia, as entidades envolvidas no projeto – cooperativas comunitárias, gestores de projeto, pesquisadores e parceiros institucionais – deverão se adaptar continuamente para prosperar. A **capacitação contínua** e a **inovação adaptativa** permitirão que as entidades melhorem suas práticas e aumentem suas chances de sobrevivência e sucesso. A capacidade de **adaptação** foi reforçada pela interação constante com os Elementos de Sustentação do Ambiente, garantindo que as iniciativas fossem flexíveis e responsivas às mudanças socioeconômicas e ambientais.

Os fluxos de conhecimento deverão ser facilitados pela colaboração entre diferentes atores, incluindo comunidades locais, universidades, governos e organizações não-governamentais. A troca de **conhecimentos tradicionais** e **tecnologias modernas** permitirão a criação de soluções inovadoras e sustentáveis. **Workshops** e **sessões de treinamento** favorecerão a disseminação de boas práticas e a integração de saberes, enquanto as **redes de cooperação** fortalecerão a capacidade das comunidades de implementar e escalar suas iniciativas de inovação social aplicada a bioeconomia.

A instanciação do modelo conceitual de inovação social na Amazônia com foco na bioeconomia, demonstra a viabilidade e os benefícios da integração dos elementos genéricos de Inovação Social, Bioeconomia, Tecnologia e Sustentabilidade dentro de um contexto ambiental e socioeconômico específico. Este exemplo real evidencia como a cooperação entre diferentes atores, o uso de tecnologias apropriadas e a valorização dos conhecimentos tradicionais podem transformar cadeias produtivas em modelos de desenvolvimento sustentável e resiliente. Além disso, destaca a importância dos Elementos de Sustentação do Ambiente na facilitação ou impedimento dos fluxos de conhecimento e na determinação do sucesso das iniciativas de inovação social aplicada a bioeconomia. Este modelo conceitual, ao ser aplicado e validado em contextos reais, contribui significativamente para a literatura acadêmica e oferece um guia prático para futuras iniciativas de bioeconomia na Amazônia e em outras regiões com características semelhantes.

## 5. CONSIDERAÇÕES FINAIS

O modelo conceitual para a integração da inovação social com a bioeconomia na Amazônia apresenta uma estrutura holística que enfatiza a interdependência entre inovação, bioeconomia, sustentabilidade e tecnologia dentro de um contexto ambiental dinâmico. Este modelo destaca a importância de um ambiente de suporte robusto, capaz de facilitar a troca de conhecimento e a cooperação entre diferentes atores, promovendo assim a criação de soluções inovadoras e sustentáveis. Além disso, o modelo enfatiza a necessidade de adaptação contínua das entidades envolvidas para garantir a resiliência e a sobrevivência das cadeias de valor da bioeconomia no interior da Amazônia diante de desafios socioambientais. Ao fornecer uma estrutura teórica clara e integrada, este modelo conceitual contribui para a compreensão e promoção do desenvolvimento sustentável na Amazônia, servindo como uma ferramenta valiosa para pesquisadores, formuladores de políticas e gestores envolvidos na bioeconomia e inovação social na região.

## REFERÊNCIAS

Abramovay et al. (2021). The new bioeconomy in the Amazon: Opportunities and challenges for a healthy standing forest and flowing rivers. Science Panel for the Amazon.

Adams, R., Jeanrenaud, S., Breyer, C., Gregson, N., Esty, D., & Heintz, M. (2016). *The Bioeconomy Report*. Publications Office of the European Union.

Adner, R. (2006). *Match Your Innovation Strategy to Your Innovation Ecosystem*. Harvard Business Review.

Bell, J.; Lino, P.; Dodd, T.; Szilva, N.; Nanou, C.; Mega, V.; Campos, P. EU ambition to build the world's leading bioeconomy—Uncertain times demand innovative and sustainable solutions. *New Biotech*. **2018**, 40, 25–30.

Bock, B. Social Innovation and Sustainability; how to disentangle the buzzword and its application in the field of agriculture and rural development. *Stud. Agric. Econ*. **2012**, 114, 57–63.

Bröring, S.; Laibach, N.; Wustmans, M. Innovation types in the bioeconomy. *Journal of Cleaner Production*, v. 266, **2020**.

Bugge, M. M., T. Hansen, e A. Klitkou. "What is the bioeconomy? A review of the literature." *Sustainability*. **2016**.

Dietz, T.; Börner, J.; Förster, J.; von Braun, J. Governance of the Bioeconomy: A Global Comparative Study of National Bioeconomy Strategies. *Sustainability*. 10. 3190. **2018**.

Carayannis, E. G., & Campbell, D. F. J. (2009). *'Mode 3' and 'Quadruple Helix': Toward a 21st Century Relevance of University–Industry–Government–Public Partnerships*. *Journal of Triple Helix Innovation*.

Christensen, C. M. (1997). *The Innovator's Dilemma: When New Technologies Cause Great Firms to Fail*. Harvard Business School Press.

European Union. A Sustainable Bioeconomy for Europe: Strengthening the Connection between Economy, Society and the Environment, Updated Bioeconomy Strategy; European Union: Luxembourg, **2018**; p. 107.

Górriz-Mifsud, E.; Burns, M.; Marini Govigli, V. Civil society engaged in wildfires: Mediterranean forest fire volunteer groupings. *For. Policy Econ.* **2019**, *102*, 119–129.

Granstrand, O.; Holgersson, M. Innovation ecosystems: A conceptual review and a new definition. *Technovation.* **2020**, *10*.

Grundel, I., & Dahlström, M. A quadruple and quintuple helix approach to regional innovation systems in the transformation to a forestry-based bioeconomy. *Journal of the Knowledge Economy*, *7*(4), 963-983. **2016**.

Kershaw, E. H.; Hartley, S.; McLeod, C.; Polson, P. The Sustainable Path to a Circular Bioeconomy, *Trends in Biotechnology*, V. 39, Issue 6, **2021**, 542-545.

Ludvig, A.; Zivojinovic, I.; Hujala, T. Social Innovation as a Prospect for the Forest Bioeconomy: Selected Examples from Europe. *Forests* **2019**, *10*, 878.

Marinheiro, J., & Demetriades, P. (2015). *Bioeconomia na Amazônia: Perspectivas e Desafios*. Editora Universitária.

Melnykovich, M.; Nijnik, M.; Soloviy, I.; Nijnik, A.; Sarkki, S.; Bihun, Y. Social-ecological innovation in remote mountain areas: Adaptive responses of forest-dependent communities to the challenges of a changing world. *Sci. Total Environ.* **2018**, *613–614*, 894–906.

Moulaert, F. *The International Handbook on Social Innovation; Collective Action, Social Learning and Transdisciplinary Research*; Edward Elgar Publishing: Cheltenham, UK, **2013**.

Mulgan, G., Tucker, S., Ali, R., & Sanders, B. (2007). *Social Innovation: What it is, Why it Matters and How it can be Accelerated*. Skoll Centre for Social Entrepreneurship.

Nijnik, M.; Secco, L.; Miller, D.; Melnykovich, M. Can social innovation make a difference to forest-dependent communities? *For. Policy Econ.* **2019**, *100*, 207–213.

Paternan, C.; Aguilar, A. The origins of the bioeconomy in the European Union. *New Biotech.* **2018**, *40*, 20–24.

Polman, N.; Slee, W.; Klavánková, T.; Dijkshoorn, M.; Nijnik, M.; Gezik, V.; Soma, K. Classification of Social Innovations for Marginalized Rural Areas; Deliverable 2.1, Social Innovation in Marginalised Rural Areas (SIMRA), SIMRA report; SIMRA, **2017**; p. 32

Pue, K., Vandergeest, C. and Breznitz, D. *Toward a Theory of Social Innovation*, Innovation Policy Lab White Paper, Toronto. **2016**.

Secco, L.; Pisani, E.; Da Re, R.; Rogelja, T.; Burlando, C.; Vicentini, K.; Pettenella, D.; Masiero, M.; Miller, D.; Nijnik, M. Towards a method of evaluating social innovation in forest-dependent rural communities: First suggestions from a science-stakeholder collaboration. *For. Policy Econ.* **2019**, *104*, 9–22.

Sinclair, S.; Baglioni, S. Social Innovation and Social Policy—Promises and Risks. *Soc. Policy Soc.* **2014**, *13*, 469–476.

Smith, P., Jones, L., & Silva, R. (2019). *Social Innovation and Bioeconomy: Synergies for Sustainable Development in the Amazon*. *Journal of Environmental Management*.

Staffas, L.; Gustavsson, M.; McCormick, K. Strategies and Policies for the Bioeconomy and Bio-Based Economy: An Analysis of Official National Approaches. *Sustainability* **2013**, *5*, 2751–2769.

Schumpeter, J. A. (1942). *Capitalism, Socialism and Democracy*. Harper & Brothers.

Westley, F., et al. (2011). *A Scaling Up Innovation Ecosystem for the Sustainability Transformation*. *Ecology and Society*.

Wolfslehner, B.; Linser, S.; Pülzl, H.; Bastrup-Birk, A.; Camia, A.; Marchetti, M. Forest Bioeconomy—A New Scope for Sustainability Indicators; From Science to Policy 4; European Forest Institute, EFI: Joensuu, Finland, 2016.

Wydra, S. Measuring innovation in the bioeconomy – Conceptual discussion and empirical experiences. *Technology in Society*, v. 61, **2020**.

**ADRIANE PANDURO GAMA** - Licenciada em Ciências Biológicas pela Universidade Federal do Pará (UFPA). Doutoranda pelo Programa de pós-graduação Sociedade, Natureza e Desenvolvimento (PPGSND/UFOPA), Linha de Pesquisa - Gestão do Conhecimento e Inovação para o Desenvolvimento Sustentável. Membro do grupo de pesquisa PRAXIS UFOPA/CNPQ. Bolsista FAPESPA. Orcid ID: <https://orcid.org/0000-0003-4038-7986>. E-mail: [adriane.biologa01@gmail.com](mailto:adriane.biologa01@gmail.com).

**ANTÔNIA DO SOCORRO PENADA GAMA** - Professora assistente na Universidade do Oeste do Pará; Possui Doutorado em Educação, na Área de Concentração: Políticas, Administração e Sistemas Educacionais pela Universidade Estadual de Campinas (2016), mestrado em Desenvolvimento Sustentável do Trópico Úmido pelo Núcleo de Altos Estudos Amazônicos da Universidade Federal do Pará (2004) e graduação em Direito pelo Instituto Luterano de Ensino Superior (1998).

**BEATRIZ LEITE DA SILVA** - Bacharel em Ciências Biológicas pela Universidade Federal do Oeste do Pará (UFOPA), atualmente cursando Mestrado em Biodiversidade na mesma instituição. experiência acadêmica está centrada na área de microbiologia, com foco em micologia. Estágios voluntários, dediquei-me à identificação de fungos filamentosos queratinofílicos do solo, fungos do ar e à análise da diversidade fúngica presente no intestino da abelha sem ferrão. Email: [beatriz.bio.ufopa@gmail.com](mailto:beatriz.bio.ufopa@gmail.com).

**CARLA MARINA COSTA PAXIUBA** - Graduada em Ciência da computação pela Universidade Federal do Pará (2003), mestrado em Computação Aplicada pela Universidade Federal do Pará (2007) e doutorado em Ciências Ambientais pela Universidade Federal do Oeste do Pará (2019). Atualmente é Professora Adjunta na Universidade Federal do Oeste do Pará - UFOPA. Tem experiência na área de Ciência da Computação, com ênfase em Engenharia de Software. Atuando principalmente nos seguintes temas: Processo de desenvolvimento, Ambientes de desenvolvimento de software, qualidade de software e gerenciamento de projetos.

**CARLOS JOSÉ SOUSA PASSOS** - Graduado em Ciências Biológicas, Mestre e Doutor em Ciências Ambientais, e Pós-Doutor em Toxicologia Ambiental. Professor Associado na Universidade de Brasília (UnB). Tem suas linhas de pesquisa voltadas às Ciências Ambientais, Saúde Pública e Ambiental, Desenvolvimento Sustentável, Gestão Ambiental, Epidemiologia Ambiental e Toxicologia Ambiental. E-mail: [cjpassos@unb.br](mailto:cjpassos@unb.br).

**CELSON PANTOJA LIMA** - Professor Associado na UFOPA e Coordenador Adjunto do Programa de Doutorado Sociedade Natureza e Desenvolvimento. Vasta experiência internacional em sua trajetória acadêmica, profissional e artística. Viveu nos EUA, França e Portugal, onde obteve mestrado, doutorado e pós-doutorado, onde atuou em docência e pesquisa. Foi Visiting Scholar no MIT

e possui pós-doutorado no CSTB na França. Atualmente é Diretor da Agência de Inovação Tecnológica da Ufopa e Bolsista de Produtividade do CNPq.

**CLAYTON ANDRÉ MAIA DOS SANTOS** - Professor Assistente no curso de Sistemas de Informação (UFOPA/Campus Oriximiná). Coordenador do curso de Sistemas de Informação (UFOPA/Campus Oriximiná). Doutorando em Ciências Ambientais na Universidade Federal do Oeste do Pará - Ufopa. Mestre em Informática na Universidade Federal do Amazonas - UFAM (2012). Possui graduação em Bacharelado em Sistemas de Informação pela Universidade Federal do Pará - UFPA (2009). Tem experiência na área de Ciência da Computação, atuando nos seguintes temas: Engenharia de Software, Gestão do Conhecimento, Ecossistemas de Inovação, Aprendizado Profundo, Aprendizagem de Máquina, Big Data, Processamento Digital de Imagens e Segurança da Informação. ORCID ID: <https://orcid.org/0009-0008-7002-4186>. E-mail: [clayton.santos@ufopa.edu.br](mailto:clayton.santos@ufopa.edu.br).

**CLEOMARA RAMOS ALMEIDA** - Bacharel em Ciências Biológicas pela Universidade Federal do Oeste do Pará (UFOPA), atualmente cursando Mestrado Acadêmico em Biociências na mesma instituição. Durante a graduação, explorou diversas áreas da biologia, com ênfase em Microbiologia, especialmente micologia, abordando temas como fungos filamentosos, endolíticos, presentes no ar e no conteúdo intestinal de abelhas-sem-ferrão. De 2021 a 2023, atuei como monitora no programa CE-ANAMA, com enfoque especial em alunos indígenas da instituição. Email: [cleomaraalmeida20@gmail.com](mailto:cleomaraalmeida20@gmail.com).

**DANIELA VIEIRA DE CASTRO MACAMBIRA** - Graduada em Odontologia pelo Cesupa. Mestra em Endodontia pela Faculdade São Leopoldo Mandic – Campinas, SP. Tem experiência na área da Odontologia com ênfase em Endodontia; linha de pesquisa: Recursos Naturais, Biodiversidade e Bioprospecção na Amazônia. E-mail: [dani\\_macambira@hotmail.com](mailto:dani_macambira@hotmail.com).

**EDNÉA DO NASCIMENTO CARVALHO** - Licenciada e Bacharel em Geografia pela Universidade Federal de Uberlândia (1998), especialista em Educação pela UNICLAR (2000). Mestrado em Geografia pela Universidade Federal de Uberlândia (2008). Doutora em Geografia pela Universidade Estadual do Ceará (2014). É professora no Curso de Licenciatura em Geografia - ICED/UFOPA. Participa do Grupo de Pesquisa Espaços de Educação e Espiritualidade -GPEEE/UFU; também do Grupo de Pesquisa Ensino e Aprendizagem de Geografia para os Anos Iniciais do Ensino Fundamental - GEAGEO/UFU, É membro integrante do Laboratório de Geografia e Educação Popular - LAGEPOP/UFU. Participa como membro integrante da pesquisa Educação e Espiritualidade. Membro pesquisadora do Projeto de Pesquisa: Trajetórias Educacionais Pessoais e Coletivas das mulheres do Assentamento Nova Santo Inácio Ranchinho: município de Campo Florido, Minas Gerais. Membro Pesquisadora do Projeto Santarém PA: Um olhar

geográfico sobre o território, na Universidade Federal do Oeste do Pará. Avaliadora do Programa Nacional do Livro Didático/PNLD2014. Membro do conselho editorial da revista Ensino de Geografia do Laboratório de Ensino de Geografia - LEGEO/IG/UFU. É membro participante do Fórum de pesquisadores das instituições de ensino superior de Santarém - FOPIEES. Foi coordenadora do Programa de Pós Graduação em Ciências da Sociedade - PPGCS/ICS/UFOPA. Participou como membro permanente do Comitê de Ética em Pesquisa da Universidade Estadual do Pará - UEPA. É membro permanente da Comissão de Pesquisa do Instituto da Ciências da Sociedade - ICED/UFOPA. Foi membro permanente da Comissão de Avaliação e Assessoramento do ENADE/GEOGRAFIA - INEP/MEC- 2017-2019. Docente Permanente do Programa de Pós Graduação Strito Sensu - Mestrado-Instituto de Ciências da Sociedade - Linha 2 - Políticas Públicas e Estratégias de Desenvolvimento Regional. Pesquisadora nas áreas de Ensino da Geografia focando as series iniciais e finais do ensino fundamental, a pluriculturalidade, cidadania, território, sociedade e cultura, também executa pesquisa e extensão em temas de Políticas Publicas, Território e desenvolvimento regional. Tem experiência na área de Educação, com ênfase em ensino de geografia, e, também nas questões de planejamento urbano e ordenamento territorial.

**ENOQUE CALVINO MELO ALVES** - Doutorando no Programa de Pós-Graduação em Sociedade, Natureza e Desenvolvimento (PPGSND/UFOPA). Mestre em Ciência da Computação pela Universidade Federal de Pernambuco (UFPE) em 2005, onde também atuou como Professor e Pesquisador. Atualmente é professor assistente na Universidade Federal do Oeste do Pará (UFOPA) lotado no Curso de Bacharelado em Sistemas de Informação. Tem experiência na área de Ciência da Computação, com ênfase em Programação, Banco de Dados, Informática Educacional e Robótica, atuando principalmente nos seguintes temas: Pensamento Computacional, Programação Web, Aprendizagem Colaborativa, Robótica Educacional e Movimento Maker. Orcid: <https://orcid.org/0009-0009-3231-9706>. E- mail: enoque.alves@ufopa.edu.br.

**FÁTIMA CRISTINA GUERREIRO REALE** - Mestra pela UNIR (Universidade Federal de Rondônia) no período de 2015 a 2018, com linha de pesquisa em Paisagem, Natureza e Meio Ambiente na Pan-Amazônia. Suas graduações incluem licenciatura plena em Geografia pela Universidade Federal do Pará (1996), bacharelado em Geografia pela mesma instituição, graduação em Ciências Biológicas pela Universidade Federal do Pará (2012) e curso superior de tecnologia em gestão ambiental pelo Centro Universitário Leonardo da Vinci (2011). Atualmente, é discente do Programa de Pós Graduação em Sociedade Natureza e Desenvolvimento. Seus estudos e práticas estão relacionados principalmente à Educação Ambiental, Desenvolvimento Sustentável e a ação humana sobre o bioma amazônico. Suas áreas de atuação incluem Educação Ambiental, Manejo

de Solos, Sustentabilidade e Populações Amazônicas. Email: fc.fatimareale@gmail.com.

**FRANK RAYNNER VASCONCELOS RIBEIRO** - Professor efetivo permanente da Ufopa, lotado no Instituto de Ciências e Tecnologia das Águas (ICTA) e nos Programas de Pós-Graduação (PPG) em Sociedade, Natureza e Desenvolvimento (PPGSND/Ufopa-nível doutorado); Biodiversidade e Biotecnologia da Amazônia Legal (PPGBionorte/Rede-nível doutorado); e Biodiversidade (PPGBEES/Ufopa-nível mestrado). Possui doutorado em Biologia de Água Doce e Pesca Interior - INPA, Brasil (2007 – 2011).

**ILZE CAROLINE GOIS BRAGA PEDROSO** - Bacharel em Gestão Ambiental, Mestra em Biociências. Discente do Programa de Pós-graduação Doutorado em Sociedade, Natureza e Desenvolvimento (PPGSND) na Universidade Federal do Oeste do Pará (Ufopa). Tem suas linhas de pesquisa voltadas às Ciências Ambientais, com enfoque na Toxicologia Ambiental, Epidemiologia Ambiental, Ferramentas de Gestão e Avaliação de Impactos Ambientais. E-mail: carolinegbp@gmail.com.

**JARSEN LUIS CASTRO GUIMARÃES** - Pós Doutor pelo Programa Sociedade Natureza e Desenvolvimento / UFOPA (2014), Possui Doutorado pela UFPA-NAEA (2012), Mestrado em Economia Rural pela Universidade Federal do Rio Grande do Sul (2000), Especialização em Educação Ambiental pela UFPA (1995), Graduação em Economia pela União das Escolas Superiores do Pará (1989). É professor Titular da Universidade Federal do Oeste do Pará, professor do curso de Doutorado em Sociedade Natureza e Desenvolvimento/UFOPA, professor do curso de Mestrado em Ciências da Sociedade da UFOPA e professor do curso de Economia. Tem experiência na área de Economia, com ênfase em Economia Política, avaliação de projetos econômicos e Economia do Crime. Foi Coordenador do Curso de Direito do Campus de Santarém -UFPA, coordenador do Curso de Especialização em Ciências Criminais da Amazônia com Ênfase na Região Oeste do Pará-UFPA e Coordenador do Mestrado em Ciências da Sociedade - ICS/UFOPA. Fundador do Observatório Criminal do Tapajós-OBCRIT, desenvolve pesquisas relacionadas a questão criminal na Região Oeste do Pará. Foi consultor ad hoc do Comitê de ética em pesquisa da UEPA. É pesquisador CAPES, coordenando o projeto de pesquisa "Rede Brasil-Amazônica de Gestão Estratégica em Defesa, Segurança e Desenvolvimento" na UFOPA. É consultor de revistas nacionais, foi o Editor Chefe da Revista Ciências da Sociedade do Programa de Pós Graduação e Diretor do Instituto de Ciências da Sociedade- ICS / UFOPA eleito para o período (2014-2018) e reeleito para o período (2018-2022).

**JOSÉ MAX BARBOSA OLIVEIRA-JUNIOR** - Possui Pós-doutorado pela Universidade do Algarve (UAIG). Doutor em Zoologia pela Universidade Federal do Pará (UFPA) e Museu Paraense Emílio Goeldi (MPEG). Mestre em Ecologia e Conservação pela Universidade do Estado de Mato Grosso (UNEMAT). Especialista em Perícia e Auditoria Ambiental, Direito Ambiental, Licenciamento Ambiental, Educação Ambiental, Engenharia Ambiental e Indicadores de Qualidade, Zoologia, Ecologia e Ensino Remoto, Ensino a Distância e Metodologias Ativas. Licenciado em Ciências Biológicas pela Faculdade Araguaia (FARA). É professor Adjunto IV da Universidade Federal do Oeste do Pará (UFOPA), lotado no Instituto de Ciências e Tecnologia das Águas (ICTA). Orientador nos programas de Pós-Graduação *stricto sensu* em Sociedade, Ambiente e Qualidade de Vida (PPGSAQ-UFOPA); Sociedade, Natureza e Desenvolvimento (PPGSND-UFOPA); Biodiversidade (PPGBEES-UFOPA) e Ecologia (PPGECO-UFPA). Membro do corpo editorial dos periódicos *Arthropoda (MDPI)*, *Journal of Biology and Life Science (Macrothink Institute)*, Enciclopédia Biosfera e Oecologia Austrais (Brasil). Revisor de diversos periódicos nacionais e internacionais. Bolsista produtividade do CNPq. Tem experiência em entomologia, insetos aquáticos, Odonata (libélulas), bioindicadores, ecologia e conservação de água doce, biomonitoramento, integridade ambiental, avaliação de impacto ambiental, efeitos antropogênicos, padrões de distribuição de espécies, ciência cidadã.

**KAIO RAMON DE SOUSA MAGALHÃES** - Graduado em Engenharia Florestal UFOPA. E-mail: kaio.kaio05021997@gmail.com.

**KELY PRISSILA SARAIVA CORDOVIL** - Bacharel em Zootecnia (UFRA), 2017, Mestre em Biociências (UFOPA), 2022. Doutoranda no Programa de Pós-Graduação em Sociedade, Natureza e Desenvolvimento, Universidade Federal do Oeste do Pará, com período sanduíche (2024-2025) na Universidade de La Reunion na França. Área de atuação: Produção Animal, Bromatologia, Forragicultura, Bovinocultura, Caprinocultura, Ecofisiologia de Sistemas Naturais, Ciências ambientais, Geografia e Sensoriamento remoto. Atua em projetos de extensão e pesquisa, voltadas para questões ambientais, climáticas, educação e avaliação de alimentos para ruminantes. E-mail: kely20125026@gmail.com.

**LAURO EUCLIDES SOARES BARATA** - Graduação em Química Industrial pela Universidade Federal do Pará, Mestrado em Química de Produtos Naturais pela Universidade Federal do Rio de Janeiro, Doutorado em Química pela Universidade Estadual de Campinas, Pós-Doutorado no Centre National de la Recherche Scientifique - CNRS, Institut de Chimie des Substances Naturelles. Professor Visitante da University of London, School of Pharmacy. Foi Assessor de Relações Nacionais e Internacionais da Universidade Federal do Oeste do Pará (2017) e Pesquisador associado ao laboratório Thomson de Espectrometria de Massas da UNICAMP até 2017) e Pesquisador Associado ao Lab de Cromatografia do

IQUNICAMP. Professor do mestrado e doutorado da UFOPA. Consultor - SEBRAE-PA, FINEP; FAPESP, FAPESPA e INCT-Mudanças Climáticas Supervisionado por Prof. Carlos Nobre. Tem experiência na área de Química, com ênfase em Química Orgânica e Fitoquímica, Óleos essenciais e extratos de Plantas Aromáticas e Plantas Medicinais aplicadas á Medicamentos e Cosméticos. Cooperação com Empresas do setor de Cosméticos no Brasil. Consultor de Empresas da área Farmacêutica e Cosmética. É Diretor da Empresa Amazon Natural Products Consultancy.

**LAYLA DE CASSIA BEZERRA BAGATA MENEZES** - Doutoranda no Programa de Sociedade Natureza e Desenvolvimento da Universidade Federal do Oeste do Pará (PPGSND/UFOPA). Mestre em Ciências da Sociedade (PPGCS / UFOPA). Membro do grupo de pesquisa PRAXIS UFOPA/CNPQ. Bolsista CNPQ. Orcid: <https://orcid.org/0000-0002-9641-0236>. E- mail: laylabagata@hotmail.com.

**LINO MAX SANTA TSAMAREN** - Economista pela Universidad Nacional de Trujillo (UNITRU) no Peru, Mestrado em Desenvolvimento Regional da Amazônia pela Universidad Federal de Roraima (UFRR), doutorando em Sociedade Natureza e Desenvolvimento pela Universidade Federal do Oeste do Para (UFOPA). Especialista em planejamento estratégico para o setor público.

**LUCAS RAPHAEL MOURÃO GONÇALVES** - Graduação: Engenharia Ambiental - Titulação: Mestre em Biociências (UFOPA) Vinculação: Universidade Federal do Oeste do Pará – UFOPA Área de atuação: Agronomia, geografia, sensoriamento remoto. Email: lucas.engenhariaambiental@gmail.com.

**LUCAS JOSÉ MAZZEI DE FREITAS** - Engenheiro Florestal formado pela Universidade de Brasília com mestrado em Ciência Florestal pela Universidade Federal de Viçosa e doutorado pela École Nationale du Génie Rural, des Eaux et des Forêts. Tem experiência na área de Manejo Florestal e Pagamentos por Serviços Ambientais, com ênfase em modelização da dinâmica florestal, atuando principalmente no seguinte tema: Sustentabilidade do manejo florestal na Amazônia. Email: lucas.mazzei@embrapa.br.

**LUCAS VAZ PERES** - Possui graduação (2010), Mestrado (2013) e Doutorado (2016) em METEOROLOGIA pela Universidade Federal de Santa Maria (UFFM) com período Sanduiche (2015) e Pós Doutorado (2021) na Université de La Réunion, França. Desde 2017 é professor adjunto da Universidade Federal do Oeste do Pará. Tem experiência na área de Geociências, com ênfase em Meteorologia, ozônio, radiação ultravioleta e aerossóis. E-mail: lucasvazperes@gmail.com.

**LUCIANA GONÇALVES DE CARVALHO** - Doutora em Antropologia, docente dos cursos de graduação em Antropologia, mestrado em Antropologia e Arqueologia, e doutorado em Sociedade, Natureza e Desenvolvimento, na Ufopa, e do PPGSA/UFPA. Líder do Grupo de Pesquisa Diversidade Cultural, Território e Novos Direitos na Amazônia, tem pesquisas em andamento sobre direitos coletivos e conflitos socioambientais em comunidades tradicionais. E-mail: lucianagdcarvalho@gmail.com.

**LUCIETA GUERREIRO MARTORANO** - Meteorologista - UFPA. Engenheira Agrônoma - UFPA. Doutora em Agrometeorologia/Fitotecnia-UFRRS, Pesquisadora da Embrapa Amazônia Oriental, Docente do PPGSND/UFOPA e PPG Rede Bionorte E-mail: lucieta.martorano@embrapa.br.

**LUÍS REGINALDO RIBEIRO RODRIGUES** - Graduado e Mestre em Ciências Biológicas, Doutor em Genética e Biologia Molecular. Professor Associado II da Universidade Federal do Oeste do Pará (Ufopa). Atua nas linhas de pesquisa em Genética e Biodiversidade Amazônica, com ênfase nos temas: Citogenética e Sistemática molecular de quirópteros e peixes, Genotoxicidade associada a poluição por metais pesados e agrotóxicos na bacia do Tapajós. E-mail: luis.rodrigues@ufopa.edu.br.

**MANOEL JOSÉ OLIVEIRA DA CRUZ** - Engenheiro Civil pela Universidade Federal do Pará (1987). Doutorando em Sociedade Natureza e Desenvolvimento pela Universidade Federal do Oeste do Pará. Tenho interesse particular no estudo da evolução das técnicas de desenho na construção civil, desde métodos tradicionais até o uso de softwares e simulações digitais, com ênfase no impacto ambiental e na otimização de recursos. Minha experiência inclui participação em projetos que buscam soluções eficientes e ecologicamente responsáveis para os desafios atuais da construção civil, especialmente em contextos de vulnerabilidade social e ambiental. Possuo Mestrado em Processos Construtivos e Saneamento, com foco em Acústica pela EDETEC/UFPA (2012). Atuou como professor de magistério superior na Universidade Luterana do Brasil (2007 -2014) no curso de Engenharia Civil. Atualmente é professor adjunto do Instituto de Biodiversidade e Florestas da Universidade Federal do Oeste do Pará - UFOPA. Atuou como Coordenador do Curso de Bacharelado Interdisciplinar de Ciências Agrárias da UFOPA nos anos de 2019 a 2023. Tem experiência como Engenheiro Civil com ênfase em engenharia, normas, residência, concreto e solo e na área da Docência de Ensino Superior com especialização em Metodologia na Educação Superior pela FACINTER (2021) e em Física Geral pela Universidade Federal do Oeste do Pará.

**MARCELO MENCARINI LIMA** - Engenheiro Agrônomo – USP/Esalq. Doutor em Agronegócios UFRS. Pesquisador Embrapa Cerrado. E-mail: marcelo.mencarini@embrapa.br.

**MARCIO JOSÉ DA PONTE MOUTINHO** - Graduado em Sistemas de Informação pela Universidade Federal do Pará (2006), Mestre em Ciência da Computação pelo Programa de Pós Graduação em Ciência da Computação da Universidade Federal do Pará (2009), Doutor em Ciências com ênfase em Gestão do Conhecimento e Inovação para o Desenvolvimento Sustentável pelo Programa de Pós-graduação Doutorado Interdisciplinar em Sociedade, Natureza e Desenvolvimento pela Universidade Federal do Oeste do Pará (2017), Doutor por cotutela em Engenharia Eletrotécnica e de Computadores pela Universidade Nova de Lisboa (2017). Pós-doutorando no Programa de Pós-Graduação em Desenvolvimento e Meio Ambiente Urbano - UNAMA (bolsista - edital Amazônia Legal/CAPES). Atualmente é professor Adjunto III da Universidade Federal do Oeste do Pará - Programa de Computação e do Programa de Pós-Graduação a nível de mestrado profissional em Propriedade Intelectual e Transferência de Tecnologia para a Inovação. Tem experiência na área de Ciência da Computação, com ênfase em Visão Computacional, Inovação e Gestão do Conhecimento.

**MARTHA CECÍLIA VERGEL VERJEL** - Doutoranda em Sociedade, Natureza e Desenvolvimento pela Universidade Federal do Oeste do Pará (Brasil), Mestre em Desenvolvimento Sustentável e Meio Ambiente pela Universidade de Manizales (Colômbia), Especialista em Avaliação Ambiental de Projetos pela Universidade Manuela Beltrán (Colômbia), Graduada em Engenharia Ambiental pela Universidade Francisco de Paula Santander Ocaña (Colômbia). Experiência como docente em instituições de ensino superior na Colômbia. Atualmente docente do Mestrado em Pedagogia Ambiental para o Desenvolvimento Sustentável, Universidade Popular del Cesar (Colômbia). E-mail: ing.vergel@outlook.com.

**MAYARA DUARTE DA SILVA** - Licenciada Plena em Ciências Biológicas (UFPA). Mestrado Acadêmico em Biociências (UFOPA). Doutoranda em Ciências Ambientais no Programa de Pós-graduação em Sociedade, Natureza e Desenvolvimento (PPGSND/UFOPA). Área de atuação em Educação Ambiental. E-mail: mdsilva.ufopa@gmail.com. CV: <https://lattes.cnpq.br/4658121641275066>.

**MAYERLY ALEXANDRA GUERRERO MORENO** - Doutoranda em Sociedade, Natureza e Desenvolvimento pela Universidade Federal do Oeste do Pará (UFOPA), Mestre em Educação pela Universidade Externado da Colômbia (UEC), Especialista em Ciências Naturais pela Universidade Federal do Piauí (FUFPI), graduada em Biologia pela Universidade Pedagógica Nacional (UPN). Experiência como docente e orientadora pedagógica em instituições de ensino superior. Atual colaboradora do Grupo de Estudos Avançados em Gestão Ambiental na Amazônia (UFOPA). Áreas de atuação: biomonitoramento, Odonata, educação ambiental, ecoturismo de base comunitária e entomoturismo.

**PAULO CAMPOS CHRISTO FERNANDES** - Médico Veterinário – UFMG. Doutor em Ciência Animal UFMGS. Pesquisador Embrapa Cerrado. E-mail: paulo.fernandes@embrapa.br.

**RENATA PRISCILA BENEVIDES DE SOUSA** - Doutoranda do Programa de Pós Graduação em Sociedade, Natureza e Desenvolvimento - Universidade Federal do Oeste do Pará - UFOPA/ Turma 2020.1. Mestre em Direito Agrário - Universidade Federal de Goiás - UFG (2018). Especialista em Direito Civil e Processo Civil pela Pontifícia Universidade Católica de Goiás (2015). Bacharel em Direito pela Universidade Salgado de Oliveira (2012). Atua como advogada nos seguintes temas: Direito Civil, Processo Civil e Empresarial. Docente do Centro Universitário Alves Faria - UNIALFA (2017-2018). Docente Universidade da Amazônia - UNAMA/ SANTARÉM (Desde 2019).

**SAMELA CRISTINA DA SILVA BONFIM** - Doutoranda em Sociedade, Natureza e Desenvolvimento – UFOPA (2022 – 2026); Mestre em Educação PPGE/UFOPA; Graduada em Comunicação Social e jornalismo - IESPES; Especialista em docência no ensino superior; docente no IESPES, Co-fundadora do Laboratório de Comunicação Amazônia, Gestora de comunicação nas ONG Sapopema e Projeto Saúde e Alegria.

**SOCORRO VÂNIA LOURENÇO ALVES** - Doutoranda no Programa de Pós-Graduação em Sociedade, Natureza e Desenvolvimento (PPGSND/UFOPA). Mestre em Ciências da Computação pela Universidade Federal de Pernambuco (2006). Atualmente é docente da Universidade Federal do Oeste do Pará (UFOPA), atuando no Programa de Computação - Curso de Bacharelado em Ciência da Computação e Curso de Bacharelado em Sistemas de Informação. Tem experiência na área de Ciência da Computação, com ênfase em Banco de Dados, Informática na Educação e Engenharia de Software, atuando principalmente nos seguintes temas: Aprendizagem Baseada em Jogos Digitais, Gamificação, Acessibilidade Web e Aprendizagem Colaborativa. Orcid: <https://orcid.org/0000-0002-7556-851X>. E- mail: socorro.alves@ufopa.edu.br.

**TANIA SUELY AZEVEDO BRASILEIRO** - Pós-doutora em Psicologia (IP/USP) e Doutora em Educação (URV/ES-FE/USP). Professora Titular da UFOPA e docente do quadro permanente do doutorado PPGSND/UFOPA, do doutorado em Educação na Amazônia (EDUCANORTE/PGEDA) e do mestrado em Sociedade, Ambiente e Qualidade de Vida (PPGSAQ/UFOPA). Líder do grupo de pesquisa PRAXIS UFOPA/CNPQ. Orcid ID: <https://orcid.org/0000-0002-8423-4466>. E-mail: [brasileirovania@gmail.com](mailto:brasileirovania@gmail.com).

**THIAGO ALMEIDA VIEIRA** - Possui Pós-Doutorado pelo Research Centre for Tourism, Sustainability and Well-being (CinTurs) da Universidade do Algarve (UAlg). Doutorado em Ciências Agrárias (2011), Mestrado em Ciências Florestais (2006), Graduação em Engenharia Florestal (2003) pela Universidade Federal Rural da Amazônia. É especialista em Educação, Diversidade e Inclusão Social pela Universidade Católica Dom Bosco (2022). É professor Associado da Universidade Federal do Oeste do Pará, onde atua como docente nos cursos de Bacharelados em Agronomia, Engenharia Florestal e Ciências Agrárias. Atualmente é professor permanente do Mestrado em Sociedade, Ambiente Qualidade de Vida (PPGSAQ/Ufopa) e do Doutorado em Sociedade, Natureza e Desenvolvimento (PPGSND/Ufopa). Exerceu o cargo de Pró-Reitor da Cultura, Comunidade e Extensão, no período de abril de 2014 a abril de 2018. Atualmente é Diretor do Instituto de Biodiversidade e Florestas (IBEF/UFOPA).

**WALDINEY PIRES MORAES** - Graduado em Farmácia com habilitação em Bioquímica pela Universidade Federal do Pará. Doutorado em Neurociências e Biologia Celular pela Universidade Federal do Pará. Desenvolve pesquisa em farmacologia de produtos naturais, inflamação, dor, malária, hanseníase, diabetes e farmacovigilância e cuidados em saúde. E-mail: waldiney.moraes@ufopa.edu.br.

**WANDERLEY ROCHA DA SILVA** - Doutorando em Ciências Ambientais – PPGSND/UFOPA e Bolsista CAPES. Mestre em Ecologia e Conservação pela Universidade do Estado de Mato Grosso (UNEMAT). Licenciado Pleno em Ciências Biológicas. Universidade Federal do Pará – UFPA – Campus de Santarém. Gestor de Áreas Protegidas. Senai Mato Grosso do Sul, Brasília – Brasília. Gestor de Projetos. Fundação Getúlio Vargas - FGV, Brasília - Brasil. E-mail: wanderbio@gmail.com.

**WILDERCLAY BARRETO MACHADO** - Doutor em Ciências Ambientais (PPGSND-UFOPA). Mestre em Ciências Ambientais (PPGRNA-UFOPA). Graduado em Física (UFPA). Professor Adjunto IV em Climatologia - UFOPA. Coordenador do labsrem (laboratório de sensoriamento remoto meteorológico) e do curso de Ciências Atmosféricas da UFOPA. Pesquisa Ciclos Biogeoquímicos, Física da Atmosfera, Física do Solo, Modelagem Computacional e Processos de Interação Solo-Água-Planta-Atmosfera. E-mail: wilderclay.machado@ufopa.edu.br.

**YAO TÉLESPHORE BROU** - PhD, Universidade de Cocody-Abidjan, novembro de 1997. DEA em Geografia (Gerenciamento de países tropicais), Universidade de Cocody, dezembro de 1993. Professor de geografia, climatologia e sensoriamento remoto na Universidade de La Reunion na França. Diretor da unidade de pesquisa OIES (Oceano Índico: Espaço e Sociedades). Áreas de especialização: Mudanças climáticas, uso da terra e sociedades Meio ambiente e saúde GIS / Bancos de dados espaciais. E-mail: telesphore.brou@univ-reunion.fr.

**JOSÉ MAX BARBOSA OLIVEIRA-JUNIOR** - Possui Pós-doutorado pela Universidade do Algarve (UAlg). Doutor em Zoologia pela Universidade Federal do Pará (UFPA) e Museu Paraense Emílio Goeldi (MPEG). Mestre em Ecologia e Conservação pela Universidade do Estado de Mato Grosso (UNEMAT). Especialista em Perícia e Auditoria Ambiental, Direito Ambiental, Licenciamento Ambiental, Educação Ambiental, Engenharia Ambiental e Indicadores de Qualidade, Zoologia, Ecologia e Ensino Remoto, Ensino a Distância e Metodologias Ativas. Licenciado em Ciências Biológicas pela Faculdade Araguaia (FARA). É professor Adjunto IV da Universidade Federal do Oeste do Pará (Ufopa), lotado no Instituto de Ciências e Tecnologia das Águas (ICTA). Orientador nos programas de Pós-Graduação *stricto sensu* em Sociedade, Ambiente e Qualidade de Vida (PPGSAQ-Ufopa); Sociedade, Natureza e Desenvolvimento (PPGSND-Ufopa); Biodiversidade (PPGBEES-Ufopa) e Ecologia (PPGECO-UFPA). Membro do corpo editorial dos periódicos *Arthropoda (MDPI)*, *Journal of Biology and Life Science (Macrothink Institute)*, Enciclopédia Biosfera e Oecologia Austrais (Brasil). Revisor de diversos periódicos nacionais e internacionais. Tem experiência em entomologia, insetos aquáticos, Odonata (libélulas), bioindicadores, ecologia e conservação de água doce, biomonitoramento, integridade ambiental, avaliação de impacto ambiental, efeitos antropogênicos, padrões de distribuição de espécies, ciência cidadã.

**THIAGO ALMEIDA VIEIRA** - Possui Pós-Doutorado pelo *Research Centre for Tourism, Sustainability and Well-being (CinTurs)* da Universidade do Algarve (UAlg). Doutorado em Ciências Agrárias (2011), Mestrado em Ciências Florestais (2006), Graduação em Engenharia Florestal (2003) pela Universidade Federal Rural da Amazônia. É especialista em Educação, Diversidade e Inclusão Social pela Universidade Católica Dom Bosco (2022). É professor Associado da Universidade Federal do Oeste do Pará, onde atua como docente nos cursos de Bacharelados em Agronomia, Engenharia Florestal e Ciências Agrárias. Atualmente é professor permanente do Mestrado em Sociedade, Ambiente Qualidade de Vida (PPGSAQ/Ufopa) e do Doutorado em Sociedade, Natureza e Desenvolvimento (PPGSND/Ufopa). Exerceu o cargo de Pró-Reitor da Cultura, Comunidade e Extensão, no período de abril de 2014 a abril de 2018. Atualmente é Diretor do Instituto de Biodiversidade e Florestas (IBEF/Ufopa).

**A**

Açaí 41, 247, 248, 249, 250, 251, 252, 253, 254, 255, 256, 257, 258, 259, 260, 261, 262

Açaizais 247, 248, 249, 250, 252, 254, 256, 260, 261, 262

Acórdãos 202, 204, 205, 206, 208

Aflatoxinas 48, 49, 50, 51, 52, 53, 54, 55, 56

Agricultura 16, 54, 55, 58, 60, 62, 65, 66, 67, 68, 69, 79, 84, 85, 87, 90, 92, 93, 94, 96, 122, 146, 148, 154, 157, 161, 217, 220, 251, 257, 259, 261, 276, 288

Agrotóxicos 58, 59, 60, 61, 62, 63, 64, 65, 66, 67, 68, 69, 70, 71, 72, 73, 74, 147, 299

Amazônia 4, 26, 33, 40, 48, 49, 50, 51, 52, 53, 54, 55, 56, 57, 59, 60, 76, 82, 83, 90, 98, 119, 120, 121, 128, 131, 132, 133, 136, 138, 145, 161, 162, 163, 166, 168, 169, 170, 177, 213, 217, 218, 221, 222, 247, 250, 251, 259, 260, 261, 270, 271, 272, 275, 277, 278, 279, 280, 281, 282, 283, 284, 285, 286, 287, 289, 290, 291, 293, 295, 296, 297, 298, 299, 300, 301, 302, 304

Ambiente 3, 8, 11, 12, 18, 20, 22, 23, 24, 32, 57, 60, 61, 62, 63, 65, 67, 68, 69, 71, 75, 87, 91, 93, 95, 96, 112, 120, 122, 132, 135, 137, 140, 141, 142, 145, 160, 164, 166, 168, 169, 172, 179, 182, 184, 185, 189, 238, 243, 258, 266, 267, 269, 280, 282, 283, 284, 286, 287, 289, 290, 296, 297, 300, 302, 303, 304

Análise geoespacial 76

Aplicações do sensoriamento remoto 75, 76

Aprendizagem 6, 170, 172, 173, 177, 194, 223, 224, 225, 226, 227, 229, 230, 238, 239, 240, 243, 244, 245, 246, 266, 294, 295, 296, 302

Áreas naturais 144, 145, 161, 165, 167, 263, 266, 267, 271

Áreas protegidas 143, 144, 146, 149, 153, 156, 158, 160, 161, 162, 163, 164, 166, 168, 169, 213, 263, 265, 266, 267, 269, 270, 272, 302

Aspergillus 49, 50, 51, 52, 54, 55, 56, 57

Atividade antimicrobiana 34, 36, 37, 38, 40, 41, 46

Autoconstrução 133, 139, 140, 141

**B**

Biodiversidade 6, 15, 16, 17, 18, 24, 29, 33, 60, 61, 62, 67, 68, 69, 82, 83, 91, 145, 147, 151, 157, 160, 163, 166, 168, 177, 187, 192, 251, 252, 261, 263, 265, 267, 269, 270, 271, 272, 278, 279, 281, 282, 283, 285, 288, 293, 295, 296, 297, 299, 300, 302, 304

Bioeconomia 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9, 10, 11, 12, 13, 14, 15, 16, 17, 18, 20, 21, 23, 48, 50, 51, 248, 251, 275, 276, 277, 278, 279, 280, 281, 282, 283, 284, 285, 286, 287, 288, 289, 290, 291

Biofilme 26, 27, 28, 31, 32, 33, 37, 40, 44, 46

Bosques 117, 120, 122, 124, 125, 127, 129, 130, 131, 132

## C

Cadeias 5, 250, 251, 258, 275, 279, 281, 282, 283, 285, 286, 287, 288, 289, 290

Cárie 26, 27, 28, 29, 30, 31, 32, 34, 35, 41, 44

Castanha-da-Amazônia 49, 53

Ciência 5, 6, 10, 11, 13, 17, 18, 22, 56, 57, 72, 73, 79, 84, 96, 115, 172, 173, 177, 178, 179, 181, 184, 186, 189, 190, 193, 194, 211, 214, 217, 221, 222, 245, 258, 276, 279, 294, 295, 296, 297, 299, 300, 301, 302, 304

Comunidades 2, 3, 13, 14, 27, 30, 50, 87, 93, 94, 112, 117, 119, 120, 122, 124, 125, 126, 127, 128, 129, 130, 131, 146, 147, 148, 149, 151, 153, 154, 155, 156, 157, 158, 159, 164, 167, 195, 196, 207, 208, 212, 214, 215, 217, 251, 252, 254, 258, 263, 265, 266, 267, 268, 269, 270, 271, 275, 277, 278, 279, 280, 281, 282, 283, 284, 285, 286, 287, 288, 289, 299

Comunidades indígenas 117, 120, 122, 131

Comunidades tradicionais 214, 263, 265, 268, 270, 275, 277, 279, 280, 283, 299

Conservação 76, 83, 91, 117, 119, 120, 121, 122, 124, 129, 130, 131, 132, 136, 138, 143, 144, 145, 146, 149, 151, 152, 153, 154, 156, 158, 159, 160, 161, 162, 163, 164, 165, 166, 167, 168, 186, 209, 212, 213, 214, 220, 221, 251, 257, 263, 265, 266, 267, 268, 269, 270, 271, 272, 273, 276, 278, 279, 282, 283, 285, 297, 302, 304

Construção 18, 20, 31, 43, 71, 114, 133, 134, 135, 136, 138, 139, 140, 141, 142, 166, 184, 196, 197, 226, 248, 252, 258, 275, 277, 278, 280, 299, 300

Contaminação 48, 49, 50, 51, 52, 53, 54, 56, 61, 150

## D

Decisão judicial 195, 196, 197, 199, 200, 201, 202, 204, 206

Dentes 27, 28, 29, 30, 31, 32

Desenvolvimento 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9, 10, 11, 12, 13, 14, 15, 16, 18, 23, 32, 41, 46, 47, 50, 51, 56, 58, 59, 60, 62, 63, 64, 65, 66, 67, 68, 69, 71, 77, 78, 79, 87, 92, 93, 95, 96, 109, 113, 114, 117, 119, 120, 122, 128, 130, 131, 133, 135, 136, 137, 138, 141, 142, 143, 144, 148, 150, 153, 156, 158, 161, 162, 163, 164, 165, 166, 167, 168, 169, 170, 171, 172, 173, 174, 175, 176, 177, 178, 183, 184, 185, 186, 187, 189, 191, 192, 193, 194, 207, 209, 214, 223, 225, 226, 229, 230, 238, 239, 240, 243, 252, 254, 255, 258, 259, 260, 262, 263, 264, 265, 266, 268, 269, 270, 271, 275, 277, 278, 279, 280, 281, 282, 283, 284, 285, 286, 287, 289, 290, 293, 294, 295, 296, 297, 298, 299, 300, 301, 302, 304

Desenvolvimento sustentável 2, 8, 9, 10, 11, 12, 16, 87, 92, 117, 119, 120, 122,

137, 141, 142, 143, 153, 156, 158, 162, 163, 164, 165, 166, 167, 170, 171, 172, 174, 175, 176, 177, 178, 183, 184, 185, 186, 189, 191, 192, 193, 194, 258, 259, 260, 262, 263, 265, 266, 268, 269, 270, 271, 275, 277, 278, 279, 280, 281, 282, 283, 286, 287, 289, 290, 293, 294, 296, 300

Digitais 51, 69, 136, 212, 221, 223, 224, 225, 226, 227, 229, 230, 231, 232, 233, 237, 238, 239, 240, 241, 242, 243, 245, 246, 285, 288, 299, 302

## E

Economia 1, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9, 10, 11, 12, 15, 16, 17, 18, 19, 20, 21, 22, 23, 24, 50, 54, 72, 73, 80, 138, 139, 141, 142, 153, 162, 164, 185, 251, 259, 261, 262, 268, 271, 276, 279, 283, 284, 288, 296, 297

Econômico 2, 3, 5, 6, 7, 8, 9, 10, 11, 12, 13, 17, 18, 19, 21, 24, 38, 50, 62, 69, 119, 127, 136, 137, 138, 165, 166, 167, 168, 169, 173, 185, 187, 193, 214, 247, 257, 258, 263, 264, 265, 276, 277, 280, 281, 283, 285

Ecosistemas 3, 17, 61, 67, 79, 98, 119, 137, 144, 146, 149, 151, 153, 156, 158, 159, 168, 251, 264, 266, 271, 279, 280, 281, 283, 285, 288, 294

Ecoturismo 162, 163, 166, 168, 263, 265, 266, 267, 268, 269, 270, 271, 272, 273, 274, 281, 285, 301

Educação 3, 10, 12, 17, 47, 54, 70, 102, 113, 114, 115, 138, 147, 148, 155, 156, 157, 158, 159, 166, 170, 171, 172, 173, 174, 175, 176, 177, 178, 179, 181, 183, 184, 185, 186, 187, 188, 189, 191, 192, 193, 194, 222, 227, 243, 246, 259, 265, 266, 267, 268, 270, 271, 277, 286, 293, 295, 296, 297, 298, 300, 301, 302, 304

Educação científica 170, 171, 173, 174, 175, 176, 183, 184, 186, 187, 188, 189, 191, 192

Educação para o desenvolvimento sustentável 178, 193

Enfermagem 100, 108, 110, 111, 112, 113, 114, 115

Ensino 44, 51, 102, 111, 114, 148, 157, 158, 171, 172, 173, 174, 175, 176, 177, 178, 179, 181, 182, 184, 186, 188, 189, 190, 191, 192, 194, 223, 224, 225, 227, 230, 231, 232, 233, 237, 238, 239, 240, 242, 243, 245, 246, 293, 295, 297, 300, 301, 304

Ensino fundamental 223, 225, 230, 231, 232, 233, 237, 239, 240, 242, 243, 295

Euterpe oleracea 41, 247, 248, 258, 259, 260, 261

Evolução 1, 5, 6, 8, 9, 16, 18, 20, 21, 30, 58, 60, 63, 65, 68, 69, 75, 79, 80, 81, 83, 161, 164, 166, 209, 210, 212, 220, 263, 265, 299

## F

Florestas 49, 66, 95, 117, 118, 119, 120, 121, 122, 130, 145, 150, 151, 161, 213, 270, 281, 285, 300, 302, 304

Formação em enfermagem 100

Funções executivas 223, 225, 227, 228, 229, 230, 232, 243, 244

Fungos 44, 50, 51, 52, 53, 54, 55, 139, 140, 248, 288, 293, 294

## G

gestão 3, 13, 14, 51, 76, 79, 83, 84, 90, 92, 93, 95, 96, 125, 133, 134, 141, 143, 144, 145, 152, 153, 155, 158, 159, 160, 161, 162, 163, 164, 165, 166, 167, 168, 169, 178, 240, 250, 251, 252, 263, 265, 268, 270, 272, 275, 276, 279, 285, 288, 296

Gestão 45, 70, 124, 142, 145, 160, 163, 167, 175, 176, 179, 182, 222, 259, 271, 293, 294, 296, 297, 300, 301

GESTÃO 162

## H

Habilidades 100, 101, 114, 173, 187, 191, 225, 226, 227, 228, 229, 231, 232, 237, 240, 241

Habitações 133, 135, 136, 137, 138, 139, 140, 141, 156

## I

Implementação 4, 12, 13, 14, 28, 48, 49, 53, 54, 67, 91, 111, 112, 113, 117, 120, 121, 122, 124, 125, 129, 130, 131, 153, 159, 184, 185, 209, 212, 263, 265, 270, 279, 280, 281, 282, 284, 285, 286, 287, 288, 289

Indicadores 4, 21, 27, 59, 143, 144, 145, 146, 149, 151, 158, 160, 161, 162, 163, 164, 165, 166, 167, 168, 169, 210, 215, 239, 251, 297, 304

Indicadores socioambientais 143, 145, 146, 149, 161, 163, 164, 166

Iniciativas 16, 17, 29, 87, 158, 159, 188, 221, 271, 275, 281, 282, 285, 286, 289

Inovação social 16, 275, 277, 278, 279, 280, 281, 282, 283, 284, 285, 286, 287, 288, 289, 290

integração 94, 95, 103, 111, 113, 159, 197, 238, 253, 266, 277, 281, 282, 283, 284, 285, 287, 288, 289, 290

Integração 95

Interlocução Universidade-Escola-Comunidade 171, 175, 176

Investimento 58, 64, 65, 66, 77, 124, 131, 190

## J

Jogos 223, 224, 225, 226, 227, 229, 230, 231, 232, 233, 237, 238, 239, 240, 241, 242, 243, 244, 245, 246, 302

Jogos digitais 223, 224, 225, 226, 227, 229, 230, 231, 232, 233, 237, 238, 239, 240, 241, 242, 243, 245, 246

Jurisprudência 197, 198, 199, 200, 206, 207, 208

**L**

Lago Maicá 247, 252

**M**

Mapeamento 79, 85, 88, 92, 95, 97, 150, 178, 217, 223, 225, 226, 230, 231, 233, 234, 236, 237, 262

Medicina 33, 36, 37, 40, 100, 101, 102, 103, 104, 107, 108, 109, 110, 111, 112, 113, 114, 116, 232, 293

Mercado 8, 11, 13, 14, 16, 18, 42, 53, 54, 57, 58, 63, 64, 108, 134, 138, 152, 153, 156, 187, 227, 247, 249, 250, 251, 252, 254, 255, 256, 257, 258, 259, 261, 262, 263, 264, 276, 277, 288

Método 1, 18, 26, 28, 51, 81, 83, 100, 103, 106, 107, 108, 110, 115, 168, 170, 171, 174, 175, 177, 183, 187, 193, 195, 196, 197, 199, 200, 201, 202, 206, 208, 210, 220, 230, 282

Micotoxina 49, 51

Monitoramento 53, 55, 62, 66, 67, 76, 79, 80, 81, 82, 83, 87, 88, 90, 93, 94, 95, 97, 124, 145, 147, 148, 151, 157, 158, 159, 160, 161, 163, 165, 166, 168, 209, 210, 211, 212, 213, 214, 216, 217, 219, 220, 221, 222, 288

Moradias sociais 133, 135, 136

Mudanças climáticas 1, 3, 12, 15, 68, 69, 79, 81, 82, 95, 98, 117, 118, 119, 120, 121, 122, 130, 131, 170, 177, 192, 209, 220, 276, 278, 282, 303

Murumuru 247, 248, 250, 252, 253, 254, 255, 256, 262

**N**

Naturais 1, 2, 7, 8, 9, 11, 13, 14, 15, 17, 18, 20, 41, 43, 44, 57, 60, 67, 76, 79, 80, 81, 83, 84, 87, 88, 90, 92, 94, 95, 96, 120, 135, 136, 137, 138, 139, 140, 141, 144, 145, 153, 158, 159, 160, 161, 165, 166, 167, 169, 186, 187, 209, 210, 211, 214, 251, 258, 263, 264, 266, 267, 268, 269, 270, 271, 275, 276, 278, 279, 281, 283, 284, 285, 286, 288, 295, 298, 301, 302

Natureza 3, 4, 5, 6, 8, 9, 10, 11, 13, 14, 15, 16, 17, 18, 21, 22, 41, 59, 93, 111, 118, 128, 138, 143, 160, 174, 186, 187, 190, 194, 207, 220, 249, 265, 266, 267, 269, 270, 272, 273, 293, 294, 295, 296, 297, 298, 299, 300, 301, 302, 304

Normas técnicas 133, 135, 139, 140, 233

**O**

Ocorrências de palmeira 247

Oeste paraense 247

Oligopólio 58, 59, 64, 68

**P**

Paradigma 1, 3, 4, 5, 9, 10, 11, 12, 17, 18, 19, 20, 137, 185, 227

Participação 17, 123, 148, 155, 157, 158, 159, 162, 165, 190, 217, 221, 251, 263, 265, 267, 268, 269, 270, 271, 277, 285, 286, 287, 288, 299

Peixes 147, 154, 209, 210, 211, 212, 213, 214, 215, 216, 217, 218, 219, 221, 299

Pesca 147, 148, 151, 154, 157, 164, 167, 209, 210, 211, 212, 213, 214, 216, 217, 218, 219, 220, 221, 222, 296

Pescadores 150, 211, 212, 213, 214, 215, 216, 217, 220, 221

Pesticidas 59, 93

Plantas 26, 28, 29, 33, 40, 42, 43, 44, 46, 53, 56, 57, 60, 65, 66, 69, 84, 85, 87, 94, 101, 115, 283, 298

Produção 3, 7, 9, 10, 11, 12, 13, 14, 15, 16, 17, 38, 48, 50, 51, 52, 57, 59, 60, 63, 64, 65, 66, 67, 68, 69, 84, 87, 93, 94, 119, 138, 147, 148, 150, 151, 154, 159, 161, 166, 168, 174, 186, 191, 213, 217, 220, 249, 250, 251, 252, 254, 256, 257, 258, 259, 260, 261, 276, 281, 285, 288, 293, 298

Produção alimentar 59, 69

Programa bosques 117, 120

projeto 12, 72, 87, 133, 135, 136, 138, 139, 140, 141, 187, 189, 214, 217, 247, 250, 253, 254, 257, 271, 273, 279, 287, 288, 289, 297

Projeto 53, 55, 68, 72, 213, 214, 221, 253, 260, 295, 301

PROJETO 133

Propriedade 6, 39, 40, 122, 123, 195, 196, 197, 202, 203, 204, 205, 206, 207, 253, 300

**Q**

Quilombola 195, 196, 197, 202, 203, 204, 205, 206, 207, 208, 248, 262, 272

**R**

Recursos 1, 2, 6, 7, 8, 9, 11, 13, 15, 16, 18, 19, 51, 67, 76, 77, 79, 80, 81, 83, 87, 90, 92, 94, 95, 96, 102, 112, 117, 120, 122, 124, 129, 130, 131, 135, 136, 137, 138, 139, 140, 141, 144, 145, 148, 151, 153, 158, 159, 160, 165, 167, 169, 186, 187, 188, 190, 198, 200, 210, 211, 213, 214, 219, 220, 221, 222, 224, 229, 230, 251, 258, 260, 266, 267, 268, 269, 270, 271, 275, 276, 278, 279, 281, 283, 284, 285, 286, 287, 288, 295, 299

**S**

Saúde 3, 27, 28, 29, 30, 32, 41, 42, 43, 44, 45, 47, 50, 52, 53, 54, 55, 56, 58, 59, 60, 61, 62, 63, 66, 67, 68, 69, 70, 71, 73, 84, 90, 92, 93, 100, 101, 102, 103, 105, 110, 111, 112, 113, 114, 115, 145, 148, 155, 156, 157, 166, 168, 170, 177,

179, 182, 186, 189, 192, 227, 243, 249, 252, 265, 277, 293, 294, 301, 302, 303

Sensoriamento remoto 75, 76, 77, 78, 79, 80, 81, 82, 83, 84, 85, 87, 91, 92, 94, 95, 96, 97, 98, 209, 212, 221, 298, 303

Sentinel-2 88, 89, 90, 91, 92, 93, 94, 96, 97, 98, 99

Sistema de indicadores 143, 144, 145, 146, 163, 165, 166, 168

Social 2, 3, 5, 6, 8, 9, 14, 15, 16, 17, 18, 20, 21, 24, 32, 49, 120, 133, 134, 135, 136, 138, 139, 140, 141, 155, 156, 157, 161, 164, 165, 166, 167, 168, 169, 173, 177, 184, 185, 189, 190, 193, 196, 198, 202, 207, 243, 251, 252, 258, 261, 268, 269, 273, 275, 276, 277, 278, 279, 280, 281, 282, 283, 284, 285, 286, 287, 288, 289, 290, 291, 292, 300, 301, 302, 304

Socioambiental 159, 161, 170, 172, 174, 184, 185, 186, 187, 189, 191, 282

Substâncias 29, 33, 41, 50, 60, 62, 63, 64, 67

Sustentabilidade 1, 4, 5, 6, 7, 11, 12, 15, 16, 17, 20, 21, 76, 85, 93, 96, 131, 133, 135, 136, 137, 138, 141, 142, 143, 146, 153, 162, 163, 164, 165, 166, 167, 168, 169, 177, 178, 179, 182, 184, 222, 251, 261, 262, 265, 266, 268, 269, 270, 272, 275, 278, 279, 280, 281, 282, 283, 284, 285, 286, 287, 288, 289, 290, 296, 299

## T

Tapajós 143, 144, 145, 146, 147, 149, 151, 153, 155, 156, 157, 159, 161, 163, 252, 271, 297, 299

Tecnologia 3, 6, 19, 24, 45, 59, 60, 65, 68, 70, 77, 79, 81, 83, 87, 93, 94, 95, 96, 115, 177, 179, 181, 209, 210, 212, 213, 217, 219, 221, 222, 262, 276, 284, 285, 286, 287, 288, 289, 290, 296, 297, 300, 304

Território 77, 120, 143, 144, 145, 163, 165, 196, 197, 203, 204, 205, 206, 207, 268, 271, 295, 299

TRF-1 195, 196, 206

Turismo 148, 152, 153, 154, 156, 159, 163, 164, 165, 166, 169, 263, 264, 265, 266, 267, 268, 270, 271, 272, 273, 274

Turismo de base comunitária 268, 271, 273

Turismo sustentável 153, 169, 263, 264, 266

## U

Unidades de conservação 143, 145, 146, 149, 153, 156, 158, 161, 163, 166, 168, 269, 270, 273

Universidade 1, 26, 41, 43, 46, 48, 56, 58, 59, 75, 100, 112, 117, 133, 141, 142, 143, 164, 170, 171, 174, 175, 176, 180, 181, 182, 191, 192, 195, 207, 208, 209, 223, 247, 253, 259, 260, 261, 262, 263, 275, 293, 294, 295, 296, 297, 298, 299, 300, 301, 302, 303, 304

**V**

Várzeas com açazeiros 247

Vegetação 75, 76, 79, 84, 85, 86, 87, 88, 90, 91, 93, 94, 249, 254

# Sociedade, Natureza e Desenvolvimento na Amazônia

-  [www.atenaeditora.com.br](http://www.atenaeditora.com.br)
-  [contato@atenaeditora.com.br](mailto:contato@atenaeditora.com.br)
-  [@atenaeditora](https://www.instagram.com/atenaeditora)
-  [www.facebook.com/atenaeditora.com.br](https://www.facebook.com/atenaeditora.com.br)

  
Atena  
Editora  
Ano 2024



# Sociedade, Natureza e Desenvolvimento na Amazônia

-  [www.atenaeditora.com.br](http://www.atenaeditora.com.br)
-  [contato@atenaeditora.com.br](mailto:contato@atenaeditora.com.br)
-  [@atenaeditora](https://www.instagram.com/atenaeditora)
-  [www.facebook.com/atenaeditora.com.br](https://www.facebook.com/atenaeditora.com.br)

  
Atena  
Editora  
Ano 2024

