



# ACTA CIÊNCIAS AMBIENTAIS DO IFTM

VOLUME IV

Cláudio Márcio de Castro  
Magda Stella de Melo Martins  
ORGANIZADORES



# ACTA CIÊNCIAS AMBIENTAIS DO IFTM

VOLUME IV

Cláudio Márcio de Castro  
Magda Stella de Melo Martins  
ORGANIZADORES



**2025 - Ampla Editora**

**Copyright da Edição** © Ampla Editora

**Copyright do Texto** © Os autores

**Editor Chefe:** Leonardo Tavares

**Design da Capa:** Os autores

**Revisão:** Os autores

**Acta ciências ambientais do IFTM – Volume IV** está licenciado sob CC BY-NC 4.0.



Essa licença permite que outros remixem, adaptem e desenvolvam seu trabalho para fins não comerciais e, embora os novos trabalhos devam ser creditados e não possam ser usados para fins comerciais, os usuários não precisam licenciar esses trabalhos derivados sob os mesmos termos. O conteúdo da obra e sua forma, correção e confiabilidade são de responsabilidade exclusiva dos autores e não representam a posição oficial da Ampla Editora. O download e o compartilhamento da obra são permitidos, desde que os autores sejam reconhecidos. Todos os direitos desta edição foram cedidos à Ampla Editora.

**ISBN:** 978-65-5381-300-7

**DOI:** 10.51859/ampla.aca007.1125-0

**Ampla Editora**

Campina Grande – PB – Brasil

[contato@amplaeditora.com.br](mailto:contato@amplaeditora.com.br)

[www.amplaeditora.com.br](http://www.amplaeditora.com.br)



2025

# Conselho Editorial

Adilson Tadeu Basquerote – Centro Universitário para o Desenvolvimento do Alto Vale do Itajaí

Alexander Josef Sá Tobias da Costa – Universidade do Estado do Rio de Janeiro

Andréa Cátia Leal Badaró – Universidade Tecnológica Federal do Paraná

Andréia Monique Lermen – Universidade Federal do Rio Grande do Sul

Antoniele Silvana de Melo Souza – Universidade Estadual do Ceará

Aryane de Azevedo Pinheiro – Universidade Federal do Ceará

Bergson Rodrigo Siqueira de Melo – Universidade Estadual do Ceará

Bruna Beatriz da Rocha – Instituto Federal do Sudeste de Minas Gerais

Bruno Ferreira – Universidade Federal da Bahia

Caio Augusto Martins Aires – Universidade Federal Rural do Semi-Árido

Caio César Costa Santos – Universidade Federal de Sergipe

Carina Alexandra Rondini – Universidade Estadual Paulista

Carla Caroline Alves Carvalho – Universidade Federal de Campina Grande

Carlos Augusto Trojaner – Prefeitura de Venâncio Aires

Carolina Carbonell Demori – Universidade Federal de Pelotas

Caroline Barbosa Vieira – Universidade Estadual do Rio Grande do Sul

Christiano Henrique Rezende – Universidade Federal do Rio Grande do Norte

Cícero Batista do Nascimento Filho – Universidade Federal do Ceará

Clécio Danilo Dias da Silva – Universidade Federal do Rio Grande do Norte

Dandara Scarlet Sousa Gomes Bacelar – Universidade Federal do Piauí

Daniela de Freitas Lima – Universidade Federal de Campina Grande

Darlei Gutierrez Dantas Bernardo Oliveira – Universidade Estadual da Paraíba

Denilson Paulo Souza dos Santos – Universidade Estadual Paulista

Denise Barguil Nepomuceno – Universidade Federal de Minas Gerais

Dinara das Graças Carvalho Costa – Universidade Estadual da Paraíba

Diogo Lopes de Oliveira – Universidade Federal de Campina Grande

Dylan Ávila Alves – Instituto Federal Goiano

Edson Lourenço da Silva – Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Piauí

Elane da Silva Barbosa – Universidade Estadual do Ceará

Érica Rios de Carvalho – Universidade Católica do Salvador

Fábio Ronaldo da Silva – Universidade do Estado da Bahia

Fernanda Beatriz Pereira Cavalcanti – Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho”

Fredson Pereira da Silva – Universidade Estadual do Ceará

Gabriel Gomes de Oliveira – Universidade Estadual de Campinas

Gilberto de Melo Junior – Instituto Federal do Pará

Givanildo de Oliveira Santos – Instituto Brasileiro de Educação e Cultura

Glécia Morgana da Silva Marinho – Pontifícia Universidad Católica Argentina Santa Maria de Buenos Aires (UCA)

Higor Costa de Brito – Universidade Federal de Campina Grande

Hugo José Coelho Corrêa de Azevedo – Fundação Oswaldo Cruz

Igor Lima Soares – Universidade Federal do Ceará

Isabel Fontgalland – Universidade Federal de Campina Grande

Isane Vera Karsburg – Universidade do Estado de Mato Grosso

Israel Gondres Torné – Universidade do Estado do Amazonas

Ivo Batista Conde – Universidade Estadual do Ceará

Jaqueline Rocha Borges dos Santos – Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro

Jessica Wanderley Souza do Nascimento – Instituto de Especialização do Amazonas

João Henriques de Sousa Júnior – Universidade Federal de Santa Catarina

João Manoel Da Silva – Universidade Federal de Alagoas

João Vitor Andrade – Universidade de São Paulo

Joilson Silva de Sousa – Universidade Regional do Cariri

José Cândido Rodrigues Neto – Universidade Estadual da Paraíba

Jose Henrique de Lacerda Furtado – Instituto Federal do Rio de Janeiro

Josenita Luiz da Silva – Faculdade Frassinetti do Recife

Josiney Farias de Araújo – Universidade Federal do Pará

Karina de Araújo Dias – SME/Prefeitura Municipal de Florianópolis

Katia Fernanda Alves Moreira – Universidade Federal de Rondônia

Laís Portugal Rios da Costa Pereira – Universidade Federal de São Carlos

Laíze Lantyer Luz – Universidade Católica do Salvador

Lara Luiza Oliveira Amaral – Universidade Estadual de Campinas

Lindon Johnson Pontes Portela – Universidade Federal do Oeste do Pará

Lisiane Silva das Neves – Universidade Federal do Rio Grande

Lucas Araújo Ferreira – Universidade Federal do Pará

Lucas Capita Quarto – Universidade Federal do Oeste do Pará

Lúcia Magnólia Albuquerque Soares de Camargo – Unifacisa Centro Universitário

Luciana de Jesus Botelho Sodrê dos Santos – Universidade Estadual do Maranhão

Luís Miguel Silva Vieira – Universidade da Madeira

Luís Paulo Souza e Souza – Universidade Federal do Amazonas

Luiza Catarina Sobreira de Souza – Faculdade de Ciências Humanas do Sertão Central

Manoel Mariano Neto da Silva – Universidade Federal de Campina Grande

Marcelo Alves Pereira Eufrazio – Centro Universitário Unifacisa

Marcelo Henrique Torres de Medeiros – Universidade Federal Rural do Semi-Árido

Marcelo Williams Oliveira de Souza – Universidade Federal do Pará

Marcos Pereira dos Santos – Faculdade Rachel de Queiroz

Marcus Vinicius Peralva Santos – Universidade Federal da Bahia

Maria Carolina da Silva Costa – Universidade Federal do Piauí

Maria José de Holanda Leite – Universidade Federal de Alagoas

Marina Magalhães de Moraes – Universidade Federal do Amazonas

Mário Cézar de Oliveira – Universidade Federal de Uberlândia

Michele Antunes – Universidade Feevale

Michele Aparecida Cerqueira Rodrigues – Logos University International

Miguel Ysrrael Ramírez-Sánchez – Universidade Autónoma do Estado do México

Milena Roberta Freire da Silva – Universidade Federal de Pernambuco

Nadja Maria Mourão – Universidade do Estado de Minas Gerais

Natan Galves Santana – Universidade Paranaense

Nathalia Bezerra da Silva Ferreira – Universidade do Estado do Rio Grande do Norte

Neide Kazue Sakugawa Shinohara – Universidade Federal Rural de Pernambuco

Neudson Johnson Martinho – Faculdade de Medicina da Universidade Federal de Mato Grosso

Patrícia Appelt – Universidade Tecnológica Federal do Paraná

Paula Milena Melo Casais – Universidade Federal da Bahia

Paulo Henrique Matos de Jesus – Universidade Federal do Maranhão

Rafael Rodrigues Gomides – Faculdade de Quatro Marcos

Ramôn da Silva Santos – Universidade Federal Rural de Pernambuco

Reângela Cíntia Rodrigues de Oliveira Lima – Universidade Federal do Ceará

Rebeca Freitas Ivanicska – Universidade Federal de Lavras

Regina Márcia Soares Cavalcante – Universidade Federal do Piauí

Renan Gustavo Pacheco Soares – Autarquia do Ensino Superior de Garanhuns

Renan Monteiro do Nascimento – Universidade de Brasília

Ricardo Leoni Gonçalves Bastos – Universidade Federal do Ceará

Rodrigo da Rosa Pereira – Universidade Federal do Rio Grande

Rubia Katia Azevedo Montenegro – Universidade Estadual Vale do Acaraú

Sabrynna Brito Oliveira – Universidade Federal de Minas Gerais

Samuel Miranda Mattos – Universidade Estadual do Ceará

Selma Maria da Silva Andrade – Universidade Norte do Paraná

Shirley Santos Nascimento – Universidade Estadual Do Sudoeste Da Bahia

Silvana Carloto Andres – Universidade Federal de Santa Maria

Silvio de Almeida Junior – Universidade de Franca

Tatiana Paschoalette R. Bachur – Universidade Estadual do Ceará | Centro Universitário Christus

Telma Regina Stroparo – Universidade Estadual do Centro-Oeste

Thayla Amorim Santino – Universidade Federal do Rio Grande do Norte

Thiago Sebastião Reis Contarato – Universidade Federal do Rio de Janeiro

Tiago Silveira Machado – Universidade de Pernambuco

Valvenarg Pereira da Silva – Universidade do Estado de Mato Grosso

Vinícius Queiroz Oliveira – Universidade Federal de Uberlândia

Virgínia Maia de Araújo Oliveira – Instituto Federal da Paraíba

Virginia Tomaz Machado – Faculdade Santa Maria de Cajazeiras

Walmir Fernandes Pereira – Miami University of Science and Technology

Wanessa Dunga de Assis – Universidade Federal de Campina Grande

Wellington Alves Silva – Universidade Estadual de Roraima

William Roslindo Paranhos – Universidade Federal de Santa Catarina

Yáscara Maia Araújo de Brito – Universidade Federal de Campina Grande

Yasmin da Silva Santos – Fundação Oswaldo Cruz

Yuciara Barbosa Costa Ferreira – Universidade Federal de Campina Grande



**2025 - Amplla Editora**

**Copyright da Edição** © Amplla Editora

**Copyright do Texto** © Os autores

**Editor Chefe:** Leonardo Tavares

**Design da Capa:** Os autores

**Revisão:** Os autores

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

A188

Acta ciências ambientais do IFTM / Organização de Cláudio Márcio de Castro, Magda Stella de Melo Martins; Prefácio de Antônio Carlos Barreto. – Campina Grande/PB: Amplla, 2025.

(Acta ciências ambientais do IFTM, V. 4)

Livro em PDF

ISBN 978-65-5381-300-7

DOI 10.51859/amplla.aca007.1125-0

1. Educação ambiental. I. Castro, Cláudio Márcio de (Organizador). II. Martins, Magda Stella de Melo (Organizadora). III. Barreto, Antônio Carlos (Prefácio). IV. Título.

CDD 363.70071

Índice para catálogo sistemático

I. Educação ambiental

**Amplla Editora**

Campina Grande – PB – Brasil

contato@ampllaeditora.com.br

www.ampllaeditora.com.br



2025



# Prefácio

É com entusiasmo que apresentamos o quarto volume da série "Acta Ciências Ambientais do IFTM". Este e-book é um testemunho do compromisso contínuo do Instituto Federal do Triângulo Mineiro em promover a pesquisa e a educação nas ciências ambientais, abordando questões cruciais que afetam nosso meio ambiente e a sociedade.

Os capítulos deste volume refletem a rica diversidade de temas e metodologias que caracterizam o trabalho dos nossos pesquisadores e alunos. Iniciamos com o "Diagnóstico Ecológico de Veredas no Cerrado após Incêndio", que traz um estudo de caso no campus Uberaba, ressaltando a importância da recuperação de ecossistemas impactados. Em seguida, exploramos a "Gestão de Resíduos Sólidos em Áreas Rurais e Periurbanas", um diagnóstico que evidencia a necessidade urgente de práticas sustentáveis em regiões que muitas vezes são negligenciadas.

O capítulo que se debruça sobre o "Cálculo da Pegada de Carbono no Processo de Produção de Papel Ondulado" destaca a importância de mensurar impactos ambientais em processos industriais, enquanto as "Transformações espaciais e temporais no entorno de ecopontos urbanos em Uberaba" utilizam tecnologia de classificação supervisionada para melhor entender a dinâmica urbana.

A educação ambiental também é um tema central, com a elaboração de uma trilha interpretativa como instrumento de educação crítica no Parque Municipal Mata do Carrinho, além da avaliação das condições da arborização urbana em Uberaba, que nos alerta sobre os riscos associados à falta de planejamento verde nas cidades.

Adicionalmente, o volume aborda a nova regulamentação de agrotóxicos, trazendo um olhar comparativo entre Brasil e União Europeia e seus impactos na produção de alimentos, uma discussão essencial em tempos de crescente preocupação com a segurança alimentar. Por fim, destacamos o potencial da Educação Ambiental Crítica e Emancipatória como ferramenta de capacitação socioambiental para a Comunidade Surda, ressaltando a importância da inclusão e da diversidade em nossos esforços ambientais.





Esperamos que este volume inspire reflexão, diálogo e ações concretas em busca de um futuro mais sustentável. Agradecemos a todos os envolvidos na produção deste trabalho e convidamos você, leitor, a se aprofundar nas páginas a seguir e contribuir para a construção de um conhecimento mais sólido e transformador nas ciências ambientais.

Atenciosamente,  
Antônio Carlos Barreto



# Sumário

|                                                                                                                                                                              |     |
|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----|
| <b>CAPÍTULO I</b> - AVALIAÇÃO DAS CONDIÇÕES DA ARBORIZAÇÃO URBANA E SEUS POTENCIAIS RISCOS EM VIA PÚBLICA DO MUNICÍPIO DE UBERABA-MG.....                                    | 11  |
| <b>CAPÍTULO II</b> - DIAGNÓSTICO ECOLÓGICO DE VEREDAS NO CERRADO APÓS INCÊNDIO: UM ESTUDO DE CASO NO IFTM - CAMPUS UBERABA.....                                              | 26  |
| <b>CAPÍTULO III</b> - TRANSFORMAÇÕES ESPACIAIS E TEMPORAIS NO ENTORNO DE ECOPONTOS URBANOS EM UBERABA-MG, UTILIZANDO CLASSIFICAÇÃO SUPERVISIONADA .....                      | 40  |
| <b>CAPÍTULO IV</b> - ASPECTOS SOCIOAMBIENTAIS DO DESCARTE IRREGULAR NA ZONA PERIFÉRICA DE UBERABA/MG: LMG-798 .....                                                          | 59  |
| <b>CAPÍTULO V</b> - NOVA REGULAMENTAÇÃO DE AGROTÓXICOS: UM OLHAR COMPARATIVO ENTRE BRASIL E UNIÃO EUROPEIA SOBRE OS IMPACTOS DOS AGROTÓXICOS PARA PRODUÇÃO DE ALIMENTOS..... | 88  |
| <b>CAPÍTULO VI</b> - ELABORAÇÃO DE TRILHA INTERPRETATIVA COMO INSTRUMENTO DE EDUCAÇÃO AMBIENTAL CRÍTICA PARA O PARQUE MUNICIPAL MATA DO CARRINHO EM UBERABA – MG .....       | 107 |
| <b>CAPÍTULO VII</b> - INTERPRETAÇÃO AMBIENTAL: GEOSSÍTIO PEIRÓPOLIS COMO EXEMPLO DE SENSIBILIZAÇÃO .....                                                                     | 125 |
| <b>CAPÍTULO VIII</b> - POTENCIAL DA EDUCAÇÃO AMBIENTAL CRÍTICA E EMANCIPATÓRIA COMO CAPACITAÇÃO SOCIOAMBIENTAL PARA A COMUNIDADE SURDA.....                                  | 144 |
| <b>CAPÍTULO IX</b> - CÁLCULO DA PEGADA DE CARBONO NO PROCESSO DE PRODUÇÃO DE PAPEL ONDULADO .....                                                                            | 156 |
| <b>CAPÍTULO X</b> - ÍNDICES DE PAISAGEM DA BACIA DO RIO CLARO – MG.....                                                                                                      | 171 |

# CAPÍTULO I

## AVALIAÇÃO DAS CONDIÇÕES DA ARBORIZAÇÃO URBANA E SEUS POTENCIAIS RISCOS EM VIA PÚBLICA DO MUNICÍPIO DE UBERABA-MG

DOI: 10.51859/ampla.aca007.1125-1

Vannessa da Silva Alves Borba<sup>1</sup>

Joyce Silvestre de Sousa<sup>2</sup>

Magda Stella Melo Martins<sup>3</sup>

<sup>1</sup> Pós-graduanda em Gestão Ambiental-Diagnóstico e Adequação Ambiental, Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Triângulo Mineiro – campus Uberaba, e-mail: vannessa.borba@estudante.iftm.edu.br

<sup>2</sup> Professora Dra. do Programa de Pós-Graduação lato sensu na área Ambiental, Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Triângulo Mineiro – campus Uberaba, e-mail: joyce@iftm.edu.br

<sup>3</sup> Professora Dra. do Programa de Pós-Graduação lato sensu na área Ambiental, Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Triângulo Mineiro – campus Uberaba, e-mail: magda@iftm.edu.br

### RESUMO

O presente estudo realizou um levantamento da arborização urbana na Avenida Alexandre Barbosa, em Uberaba/MG, com o objetivo de avaliar as condições das árvores, identificar riscos de queda e subsidiar ações de manejo. A pesquisa foi conduzida por meio de diagnóstico visual e censo, realizado entre fevereiro e março de 2025, abrangendo as espécies arbóreas presentes no canteiro central e calçadas ao longo de aproximadamente 2 km. Foram coletados dados como nome científico e popular, altura, diâmetro da copa, condição fitossanitária, conflitos com infraestrutura urbana e estado estrutural dos indivíduos, utilizando equipamentos como GPS, clinômetro e trena. A identificação das espécies seguiu critérios do APG IV e Flora do Brasil. Os resultados revelaram 128 árvores distribuídas em 15 espécies, com maior incidência de *Caesalpinia pluviosa*, coqueiros, *Mangifera indica*, *Terminalia catappa* e *Licania tomentosa*. Observou-se predominância de árvores de grande porte, muitas apresentando sinais de declínio, ataques de pragas (como cupins), injúrias mecânicas e conflitos com fiação elétrica, sinalização e calçadas. A maioria das árvores apresentava condições regulares ou ruins, com deformações nas copas e danos nas raízes, o que aumenta o risco de quedas e acidentes. Conclui-se que a baixa diversidade de espécies e a má conservação comprometem a segurança e a saúde da arborização urbana, evidenciando a necessidade de políticas públicas de planejamento e manejo adequados para garantir a preservação da biodiversidade e a segurança da população.

Palavras-chave: árvores urbanas, arborização urbana, planejamento urbano risco de queda.

### 1. INTRODUÇÃO

O Brasil é o país que apresenta maior biodiversidade de espécies utilizadas na arborização urbana no mundo (Filho et al., 2018). A Arborização urbana consiste em um conjunto de espaços de terra de caráter público ou privado, onde se inserem espécies arbóreas ou arbustivas em uma cidade, ou um conjunto de vegetação arbórea natural ou cultivada em espaços particulares ou públicos como vias públicas, canteiros, parques ou praças. (Silva Júnior; Mônico, 1994 *apud* Veloso, 2016, p.29).

As árvores urbanas oferecem diversos benefícios à população ao entorno, como atenuar a poluição atmosférica, conforto térmico, realizar a absorção da água da chuva evitando enchentes. Funcionam também como corredores ecológicos fornecendo abrigo, refúgio e alimento à fauna, protegem o solo, gerando harmonia paisagística quebrando a paisagem urbana, ocasionando uma melhoria na qualidade de vida da população e a conservação da biodiversidade, além de promover vantagens econômicas através da valorização de imóveis nos locais onde elas estão inseridas (COPEL, 2009).

No entanto, para que essas vantagens sejam observadas e sentidas pela população é indispensável o planejamento e manejo eficiente no período de implantação da arborização urbana, observando as características botânicas das espécies arbóreas, assim como um estudo prévio dos espaços físicos onde serão implantadas (Bacelar et al., 2020).

A ausência de planejamento na execução do projeto de arborização urbana pode gerar diversos prejuízos, pois a implantação de espécies inadequadas ao espaço urbano gera conflitos estruturais tais como estragos em calçadas, redes de drenagem, avarias em construções, calhas, interferência em bueiros, falta de visibilidade em placas de orientação trânsito e semáforos, restrição na passagem de pedestres e danos à fiação elétrica (Pereira et al., 2011), além de possíveis riscos à vida humana em caso de queda de galhos ou árvores.

Como observado por Sampaio et al. (2010), a região Sudeste, principalmente as grandes capitais, continuam sofrendo com o aumento de quedas de galhos e árvores, especialmente no verão em consequência de eventos climáticos.

Para que esses riscos sejam minimizados é necessário que o poder público municipal e demais responsáveis pela arborização urbana sigam as legislações pertinentes e as orientações contidas no plano de arborização aprovado no município, com o intuito dos serviços prestados não prejudicarem a população, além de evitar o sacrifício de indivíduos arbóreos devido à falta de planejamento, escolha inadequada de espécies ou falha no manejo (Bacelar et al., 2020).

No município de Uberaba - Minas Gerais observa-se o surgimento de diversos problemas estruturais provenientes da falha no planejamento e manejo de arborização antiga em vias públicas do município. Com a aprovação do Plano Municipal de Arborização Urbana, a Secretaria Municipal de Meio Ambiente conta com estratégias e critérios para atuarem de maneira mais eficaz para a melhoria deste cenário.

Neste contexto, o presente trabalho objetivou avaliar as condições da arborização na Avenida Alexandre Barbosa, no bairro Mercês da cidade de Uberaba - MG; além de identificar e analisar as árvores com risco de queda, com o intuito de subsidiar informações para mitigar os impactos, possíveis correções e direcionamento de manejo.

## 2. MATERIAL E MÉTODOS

### 2.1. Caracterização da área de estudo

O estudo foi realizado no município de Uberaba, no estado de Minas Gerais, localizado nas coordenadas geográficas: Latitude 19°44'57.80"S, Longitude 47°56'10.26"O.

De acordo com o IBGE, Uberaba ocupa uma área de 4.523,957 Km<sup>2</sup> e em 2024 possuía estimativa de população de 354.142 pessoas. A densidade demográfica do município é de 74,68 hab/km<sup>2</sup>, sendo a 7ª cidade mais populosa de Minas Gerais. Possui vegetação predominante do bioma Cerrado. O clima característico da região, segundo classificação Köppen, do tipo Aw, caracterizado por apresentar duas estações bem definidas, clima tropical quente úmido com inverno seco e frio, com estação seca principalmente entre os meses de abril a setembro e chuvosas de outubro a março (Costa et al., 2015).

No presente trabalho foram levantadas as espécies arbóreas localizadas na Avenida Alexandre Barbosa, escolhida por apresentar histórico de registros de quedas de árvores em períodos de chuvas e ventos fortes. A avenida possui aproximadamente 2,0 km lineares (Figura 1) e pequenos comércios, postos de gasolina, bares, escolas, um hospital, clínicas e residências.

Figura 01 – Imagem de satélite com destaque para a Avenida Alexandre Barbosa, Uberaba/MG.



Fonte: Google Earth modificado pelos autores.

## 2.2. Coleta de dados e métodos

Durante os meses de fevereiro e março de 2025 realizou-se o levantamento da composição florística presente e a diagnose visual da composição arbóreo, do tipo censo, no qual foram levantados todos os indivíduos encontrados em canteiro central e calçadas da via pública que possuíam altura superior a 1,5m.

As características levantadas dos indivíduos inventariados foram adaptadas de Parry et al. (2012) e Andreatta et al. (2012), também aplicadas nos estudos de Silva Filho et al. (2018) e Bacelar et al. (2020), que registraram os dados:

- 1) Nome científico e popular de cada indivíduo,
- 2) Altura;
- 3) Diâmetro da copa (DAP);
- 4) Circunferência do caule a altura do peito (CAP);
- 5) Localização do indivíduo (calçada ou canteiro central);
- 6) Conflito com fiação, iluminação ou sinalização de trânsito
  - a) Ausência,
  - b) Presença,
- 7) Condição geral dos indivíduos:
  - a) Ótimo (indivíduo vigoroso e sem sinais de ataques de pragas, doenças, injúrias mecânicas e sem alteração das características arquitetônicas),
  - b) Bom (indivíduo em boas condições, mas que pode apresentar sinais de imperfeições superficiais, ataque de pragas ou doenças ou injúrias mecânicas superficial),
  - c) Regular (indivíduo em início de declínio, ataque severo de pragas, doenças, ou injúrias mecânicas e com descaracterização de sua arquitetura),
  - d) Péssimo (indivíduo em estado avançado e em declínio irreversível, com ataque ou dano intenso de pragas, doenças, imperfeições prejudicando a função do indivíduo na arborização e com risco de queda ou morte do indivíduo arbóreo),
  - e) Morto (indivíduo morto ou em estado irreversível de sanidade, perdendo a função na arborização)
- 8) Condição biomecânica dos caules e das copas:
  - a) Equilibrados,
  - b) Não equilibrados,
- 9) Condições da qualidade do tronco:
  - a) Boa (não apresenta qualquer imperfeição, dentro dos padrões da espécie),

b) Média (apresenta pequenas imperfeições, cavidades, necrose ou injúrias)

c) Ruim (apresenta sinais profundos de imperfeições, cavidades, necroses e injúrias),

10) Condição da Copa:

a) Normal (apresenta arquitetura padrão da espécie),

b) Deformada parcialmente (copa com modificações diferentes do padrão normal da espécie e com sinais de poda, mas sem danos à sua estrutura);

c) Deformada (arquitetura diferente do padrão da espécie, assimétrica, exibindo sinais de podas drásticas prejudicando a sua biomecânica).

11) Afloramento de raiz:

a) Ausência,

b) Presença,

12) Condição do Sistema radicular em função da calçada:

a) Presença de danos na pavimentação (quando o sistema radicular interfere na pavimentação);

b) Ausência de danos na pavimentação (quando o sistema radicular não interfere na pavimentação);

Todos os resultados obtidos foram tabulados e incluídos em planilha. Cada espécie será identificada por seu nome popular e científico, família, origem (nativa ou exótica), número de plantas por espécie e a frequência relativa (Fr). A frequência relativa é um parâmetro que expressa em porcentagem a participação de determinada espécie em relação ao total de indivíduos presentes na área do levantamento. (Bacelar et al., 2020).

Para a coleta dos dados foi utilizado equipamentos de proteção individual (EPIs) e para realizar as medidas de altura dos indivíduos, contou com o auxílio de um clinômetro, trena e fita métrica. Para o registro das coordenadas geográficas, utilizou-se o equipamento de GPS, modelo Garmin GPSmap 60CSx.

A identificação das espécies foi realizada *in loco*, com o auxílio de bibliografia especializada. A classificação taxonômica foi realizada de acordo com *Angiosperm Phylogeny Group*, (APG IV, 2016) e as nomenclaturas botânicas foram conferidas e atualizadas conforme projeto Flora do Brasil (BFG, 2018).

### 3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

#### 3.1. Análise florística

Ao longo de toda a extensão da Avenida Alexandre Barbosa, incluindo calçadas e canteiro central (2.05Km), foram levantados um total de 128 indivíduos arbóreos, (Figura 02), pertencentes a 15 diferentes espécies e distribuídas em 14 famílias.

Figura 02 – Localização dos indivíduos inventariados na Avenida Alexandre Barbosa, Uberaba/MG



Fonte: Google Earth modificado pelo autor.

A tabela 1 apresenta informações sobre o levantamento dos indivíduos arbóreos, espécies, nome, famílias botânicas, localização dos indivíduos e origem.

Tabela 01 – Espécies vegetais, famílias botânicas, número e localização dos indivíduos.

| Nº indivíduo | Nome Vernacular | Nome Científico             | Família          | Localização | Origem |
|--------------|-----------------|-----------------------------|------------------|-------------|--------|
| 01           | Oiti            | <i>Licania tomentosa</i>    | Chrysobalanaceae | Cl          | Ma     |
| 02           | Mamoeiro        | <i>Carica papaya</i>        | Caricaceae       | Cc          | E      |
| 03           | Oiti            | <i>Licania tomentosa</i>    | Chrysobalanaceae | Cc          | Ma     |
| 04           | Oiti            | <i>Licania tomentosa</i>    | Chrysobalanaceae | Cc          | Ma     |
| 05           | Oiti            | <i>Licania tomentosa</i>    | Chrysobalanaceae | Cc          | Ma     |
| 06           | Oiti            | <i>Licania tomentosa</i>    | Chrysobalanaceae | Cc          | Ma     |
| 07           | Mangueira       | <i>Mangifera indica</i>     | Anacardiaceae    | Cc          | E      |
| 08           | Mangueira       | <i>Mangifera indica</i>     | Anacardiaceae    | Cc          | E      |
| 09           | Sibipiruna      | <i>Caesalpinia pluviosa</i> | Fabaceae         | Cc          | Ma     |
| 10           | Sibipiruna      | <i>Caesalpinia pluviosa</i> | Fabaceae         | Cc          | Ma     |
| 11           | Sibipiruna      | <i>Caesalpinia pluviosa</i> | Fabaceae         | Cc          | Ma     |
| 12           | Sete-copas      | <i>Terminalia catappa</i>   | Combretaceae     | Cc          | E      |
| 13           | Oiti            | <i>Licania tomentosa</i>    | Chrysobalanaceae | Cl          | Ma     |
| 14           | Oiti            | <i>Licania tomentosa</i>    | Chrysobalanaceae | Cl          | Ma     |
| 15           | Fruta-do-conde  | <i>Annona squamosa</i>      | Annonaceae       | Cl          | E      |
| 16           | Sibipiruna      | <i>Caesalpinia pluviosa</i> | Fabaceae         | Cc          | Ma     |
| 17           | Sibipiruna      | <i>Caesalpinia pluviosa</i> | Fabaceae         | Cc          | Ma     |
| 18           | Sibipiruna      | <i>Caesalpinia pluviosa</i> | Fabaceae         | Cc          | Ma     |

| Nº indivíduo | Nome Vernacular  | Nome Científico                   | Família          | Localização | Origem     |
|--------------|------------------|-----------------------------------|------------------|-------------|------------|
| 19           | Sibipiruna       | <i>Caesalpinia pluviosa</i>       | Fabaceae         | Cc          | Ma         |
| 20           | Sibipiruna       | <i>Caesalpinia pluviosa</i>       | Fabaceae         | Cc          | Ma         |
| 21           | Fruta-do-conde   | <i>Annona squamosa</i>            | Annonaceae       | Cl          | E          |
| 22           | Ipê-roxo-de-bola | <i>Handroanthus impetiginosus</i> | Bignoniaceae     | Cl          | Ma         |
| 23           | Sete-copas       | <i>Terminalia catappa</i>         | Combretaceae     | Cc          | E          |
| 24           | Sete-copas       | <i>Terminalia catappa</i>         | Combretaceae     | Cc          | E          |
| 25           | Murta-de-cheiro  | <i>Murraya paniculata</i>         | Rutaceae         | Cl          | E          |
| 26           | Mangueira        | <i>Mangifera indica</i>           | Anacardiaceae    | Cc          | E          |
| 27           | Mangueira        | <i>Mangifera indica</i>           | Anacardiaceae    | Cc          | E          |
| 28           | Mangueira        | <i>Mangifera indica</i>           | Anacardiaceae    | Cc          | E          |
| 29           | Sete-copas       | <i>Terminalia catappa</i>         | Combretaceae     | Cc          | E          |
| 30           | Sibipiruna       | <i>Caesalpinia pluviosa</i>       | Fabaceae         | Cc          | Ma         |
| 31           | Quaresmeira      | <i>Tibouchina granulosa</i>       | Melastomataceae  | Cl          | Ma         |
| 32           | Quaresmeira      | <i>Tibouchina granulosa</i>       | Melastomataceae  | Cl          | Ma         |
| 33           | Murta-de-cheiro  | <i>Murraya paniculata</i>         | Rutaceae         | Cl          | E          |
| 34           | Sibipiruna       | <i>Caesalpinia pluviosa</i>       | Fabaceae         | Cl          | Ma         |
| 35           | Sibipiruna       | <i>Caesalpinia pluviosa</i>       | Fabaceae         | Cl          | Ma         |
| 36           | Sibipiruna       | <i>Caesalpinia pluviosa</i>       | Fabaceae         | Cc          | Ma         |
| 37           | Sibipiruna       | <i>Caesalpinia pluviosa</i>       | Fabaceae         | Cc          | Ma         |
| 38           | Embaúba          | <i>Cecropia Pachystachya</i>      | Urticaceae       | Cl          | Ma, Ce, Am |
| 39           | Mangueira        | <i>Mangifera indica</i>           | Anacardiaceae    | Cl          | E          |
| 40           | Mangueira        | <i>Mangifera indica</i>           | Anacardiaceae    | Cl          | E          |
| 41           | Mangueira        | <i>Mangifera indica</i>           | Anacardiaceae    | Cl          | E          |
| 42           | Sibipiruna       | <i>Caesalpinia pluviosa</i>       | Fabaceae         | Cl          | Ma         |
| 43           | Coqueiro         | Ni                                | Arecaceae        | Cl          | E          |
| 44           | Coqueiro         | Ni                                | Arecaceae        | Cl          | E          |
| 45           | Coqueiro         | Ni                                | Arecaceae        | Cl          | E          |
| 46           | Coqueiro         | Ni                                | Arecaceae        | Cl          | E          |
| 47           | Coqueiro         | Ni                                | Arecaceae        | Cl          | E          |
| 48           | Coqueiro         | Ni                                | Arecaceae        | Cl          | E          |
| 49           | Coqueiro         | Ni                                | Arecaceae        | Cl          | E          |
| 50           | Coqueiro         | Ni                                | Arecaceae        | Cl          | E          |
| 51           | Coqueiro         | Ni                                | Arecaceae        | Cl          | E          |
| 52           | Coqueiro         | Ni                                | Arecaceae        | Cl          | E          |
| 53           | Sibipiruna       | <i>Caesalpinia pluviosa</i>       | Fabaceae         | Cl          | Ma         |
| 54           | Mangueira        | <i>Mangifera indica</i>           | Anacardiaceae    | Cc          | E          |
| 55           | Oiti             | <i>Licania Tomentosa</i>          | Chrysobalanaceae | Cl          | Ma         |
| 56           | Oiti             | <i>Licania Tomentosa</i>          | Chrysobalanaceae | Cl          | Ma         |
| 57           | Sibipiruna       | <i>Caesalpinia pluviosa</i>       | Fabaceae         | Cc          | Ma         |
| 58           | Mangueira        | <i>Mangifera indica</i>           | Anacardiaceae    | Cc          | E          |
| 59           | Sibipiruna       | <i>Caesalpinia pluviosa</i>       | Fabaceae         | Cc          | Ma         |
| 60           | Sibipiruna       | <i>Caesalpinia pluviosa</i>       | Fabaceae         | Cc          | Ma         |
| 61           | Sibipiruna       | <i>Caesalpinia pluviosa</i>       | Fabaceae         | Cc          | Ma         |
| 62           | Oiti             | <i>Licania Tomentosa</i>          | Chrysobalanaceae | Cc          | Ma         |
| 63           | Oiti             | <i>Licania Tomentosa</i>          | Chrysobalanaceae | Cc          | Ma         |
| 64           | Sibipiruna       | <i>Caesalpinia pluviosa</i>       | Fabaceae         | Cc          | Ma         |
| 65           | Sibipiruna       | <i>Caesalpinia pluviosa</i>       | Fabaceae         | Cc          | Ma         |
| 66           | Sibipiruna       | <i>Caesalpinia pluviosa</i>       | Fabaceae         | Cc          | Ma         |
| 67           | Sibipiruna       | <i>Caesalpinia pluviosa</i>       | Fabaceae         | Cc          | Ma         |
| 68           | Oiti             | <i>Licania Tomentosa</i>          | Chrysobalanaceae | Cc          | Ma         |
| 69           | Sete-copas       | <i>Terminalia catappa</i>         | Combretaceae     | Cc          | E          |
| 70           | Ipê-amarelo      | <i>Handroanthus chrysotrichus</i> | Bignoniaceae     | Cc          | Ce, Ma     |
| 71           | Sibipiruna       | <i>Caesalpinia pluviosa</i>       | Fabaceae         | Cc          | Ma         |
| 72           | Sibipiruna       | <i>Caesalpinia pluviosa</i>       | Fabaceae         | Cc          | Ma         |
| 73           | Oiti             | <i>Licania Tomentosa</i>          | Chrysobalanaceae | Cc          | Ma         |
| 74           | Mangueira        | <i>Mangifera indica</i>           | Anacardiaceae    | Cc          | E          |
| 75           | Mangueira        | <i>Mangifera indica</i>           | Anacardiaceae    | Cc          | E          |
| 76           | Sibipiruna       | <i>Caesalpinia pluviosa</i>       | Fabaceae         | Cc          | Ma         |
| 77           | Sibipiruna       | <i>Caesalpinia pluviosa</i>       | Fabaceae         | Cc          | Ma         |
| 78           | Mangueira        | <i>Mangifera indica</i>           | Anacardiaceae    | Cc          | E          |
| 79           | Resedá           | <i>Lagerstroemia indica</i>       | Lythraceae       | Cl          | E          |
| 80           | Resedá           | <i>Lagerstroemia indica</i>       | Lythraceae       | Cl          | E          |
| 81           | Mangueira        | <i>Mangifera indica</i>           | Anacardiaceae    | Cc          | E          |
| 82           | Sibipiruna       | <i>Caesalpinia pluviosa</i>       | Fabaceae         | Cc          | Ma         |
| 83           | Jasmim-manga     | <i>Plumeria rubra</i>             | Apocynaceae      | Cl          | E          |
| 84           | Sibipiruna       | <i>Caesalpinia pluviosa</i>       | Fabaceae         | Cc          | Ma         |
| 85           | Sibipiruna       | <i>Caesalpinia pluviosa</i>       | Fabaceae         | Cc          | Ma         |
| 86           | Sibipiruna       | <i>Caesalpinia pluviosa</i>       | Fabaceae         | Cc          | Ma         |
| 87           | Sibipiruna       | <i>Caesalpinia pluviosa</i>       | Fabaceae         | Cc          | Ma         |

| Nº indivíduo | Nome Vernacular | Nome Científico             | Família       | Localização | Origem |
|--------------|-----------------|-----------------------------|---------------|-------------|--------|
| 88           | Coqueiro        | Ni                          | Arecaceae     | Cl          | E      |
| 89           | Coqueiro        | Ni                          | Arecaceae     | Cl          | E      |
| 90           | Coqueiro        | Ni                          | Arecaceae     | Cl          | E      |
| 91           | Coqueiro        | Ni                          | Arecaceae     | Cl          | E      |
| 92           | Coqueiro        | Ni                          | Arecaceae     | Cl          | E      |
| 93           | Coqueiro        | Ni                          | Arecaceae     | Cl          | E      |
| 94           | Coqueiro        | Ni                          | Arecaceae     | Cl          | E      |
| 95           | Coqueiro        | Ni                          | Arecaceae     | Cl          | E      |
| 96           | Coqueiro        | Ni                          | Arecaceae     | Cl          | E      |
| 97           | Coqueiro        | Ni                          | Arecaceae     | Cl          | E      |
| 98           | Sibipiruna      | <i>Caesalpinia pluviosa</i> | Fabaceae      | Cc          | Ma     |
| 99           | Mangueira       | <i>Mangifera indica</i>     | Anacardiaceae | Cc          | E      |
| 100          | Sibipiruna      | <i>Caesalpinia pluviosa</i> | Fabaceae      | Cc          | Ma     |
| 101          | Mangueira       | <i>Mangifera indica</i>     | Anacardiaceae | Cc          | E      |
| 102          | Sibipiruna      | <i>Caesalpinia pluviosa</i> | Fabaceae      | Cc          | Ma     |
| 103          | Sibipiruna      | <i>Caesalpinia pluviosa</i> | Fabaceae      | Cc          | Ma     |
| 104          | Flamboyant      | <i>Delonix regia</i>        | Fabaceae      | Cc          | E      |
| 105          | Sibipiruna      | <i>Caesalpinia pluviosa</i> | Fabaceae      | Cl          | Ma     |
| 106          | Mangueira       | <i>Mangifera indica</i>     | Anacardiaceae | Cc          | E      |
| 107          | Mangueira       | <i>Mangifera indica</i>     | Anacardiaceae | Cc          | E      |
| 108          | Sibipiruna      | <i>Caesalpinia pluviosa</i> | Fabaceae      | Cc          | Ma     |
| 109          | Sibipiruna      | <i>Caesalpinia pluviosa</i> | Fabaceae      | Cc          | Ma     |
| 110          | Sibipiruna      | <i>Caesalpinia pluviosa</i> | Fabaceae      | Cl          | Ma     |
| 111          | Sibipiruna      | <i>Caesalpinia pluviosa</i> | Fabaceae      | Cc          | Ma     |
| 112          | Sete-copas      | <i>Terminalia catappa</i>   | Combretaceae  | Cc          | E      |
| 113          | Sete-copas      | <i>Terminalia catappa</i>   | Combretaceae  | Cc          | E      |
| 114          | Sete-copas      | <i>Terminalia catappa</i>   | Combretaceae  | Cc          | E      |
| 115          | Sete-copas      | <i>Terminalia catappa</i>   | Combretaceae  | Cc          | E      |
| 116          | Sete-copas      | <i>Terminalia catappa</i>   | Combretaceae  | Cc          | E      |
| 117          | Sete-copas      | <i>Terminalia catappa</i>   | Combretaceae  | Cc          | E      |
| 118          | Sete-copas      | <i>Terminalia catappa</i>   | Combretaceae  | Cc          | E      |
| 119          | Sete-copas      | <i>Terminalia catappa</i>   | Combretaceae  | Cc          | E      |
| 120          | Monguba         | <i>Pachira aquatica</i>     | Malvaceae     | Cc          | Am     |
| 121          | Sete-copas      | <i>Terminalia catappa</i>   | Combretaceae  | Cc          | E      |
| 122          | Sete-copas      | <i>Terminalia catappa</i>   | Combretaceae  | Cc          | E      |
| 123          | Sete-copas      | <i>Terminalia catappa</i>   | Combretaceae  | Cc          | E      |
| 124          | Sete-copas      | <i>Terminalia catappa</i>   | Combretaceae  | Cc          | E      |
| 125          | Sete-copas      | <i>Terminalia catappa</i>   | Combretaceae  | Cc          | E      |
| 126          | Resedá          | <i>Lagerstroemia indica</i> | Lythraceae    | Cl          | E      |
| 127          | Resedá          | <i>Lagerstroemia indica</i> | Lythraceae    | Cl          | E      |
| 128          | Resedá          | <i>Lagerstroemia indica</i> | Lythraceae    | Cl          | E      |

Em que: Ni =Não identificado, Cl = Calçada, Cc = Canteiro central, Ce=Cerrado, Am= Amazônia, Ma=Mata Atlântica, E=Exótica.

De acordo com a Tabela 1 é possível verificar uma maior incidência de espécies localizadas no canteiro central da avenida, sendo um total de 80 indivíduos e 48 indivíduos localizados nas calçadas de ambos os lados ao longo da avenida. A Sibipiruna (*Caesalpinia pluviosa*) foi a espécie de maior índice de representatividade encontrada, com 41 indivíduos, correspondendo a 32%.

A Tabela 2 apresenta informações sobre as espécies vegetais, famílias botânicas, quantidade encontrada e frequência relativa (FR).

Tabela 02 – Lista das espécies vegetais, famílias botânicas, quantidade encontrada e frequência relativa (FR).

| Nome Vernacular  | Nome Científico                   | Família          | Quantidade | FR(%) |
|------------------|-----------------------------------|------------------|------------|-------|
| Sibipiruna       | <i>Caesalpinia pluviosa</i>       | Fabaceae         | 41         | 32,0  |
| Coqueiro         | -                                 | Arecaceae        | 20         | 15,6  |
| Mangueira        | <i>Mangifera indica</i>           | Anacardiaceae    | 18         | 14,0  |
| Sete-copas       | <i>Terminalia catappa</i>         | Combretaceae     | 18         | 14,0  |
| Oiti             | <i>Licania Tomentosa</i>          | Chrysobalanaceae | 13         | 10,1  |
| Resedá           | <i>Lagerstroemia indica</i>       | Lythraceae       | 05         | 3,9   |
| Quaresmeira      | <i>Tibouchina granulosa</i>       | Melastomataceae  | 02         | 1,5   |
| Murta-de-cheiro  | <i>Murraya paniculata</i>         | Rutaceae         | 02         | 1,5   |
| Fruta-do-conde   | <i>Annona squamosa</i>            | Annonaceae       | 02         | 1,5   |
| Embaúba          | <i>Cecropia Pachystachya</i>      | Urticaceae       | 01         | 0,78  |
| Flamboyant       | <i>Delonix regia</i>              | Fabaceae         | 01         | 0,78  |
| Ipê-amarelo      | <i>Handroanthus chrysotrichus</i> | Bignoniaceae     | 01         | 0,78  |
| Ipê-roxo-de-bola | <i>Handroanthus impetiginosus</i> | Bignoniaceae     | 01         | 0,78  |
| Jasmim-manga     | <i>Plumeria rubra</i>             | Apocynaceae      | 01         | 0,78  |
| Mamoeiro         | <i>Carica papaya</i>              | Caricaceae       | 01         | 0,78  |
| Monguba          | <i>Pachira aquatica</i>           | Malvaceae        | 01         | 0,78  |
| TOTAL            |                                   |                  | 128        |       |

Analisando a Tabela 2, observa-se que as espécies que apresentaram os maiores valores de frequência relativa são *Caesalpinia pluviosa* (32%), *Coqueiros* (15,62%), *Mangifera indica* e *Terminalia catappa* (14%) e *Licania Tomentosa* (10,1%). As menores frequências ocorrem com as espécies *Carica papaya* (0,78%), *Cecropia Pachystachya* (0,78%), *Delonix regia* (0,78%), *Handroanthus chrysotrichus* (0,78%), *Handroanthus impetiginosus* (0,78%), *Pachira aquatica* (0,78%), *Plumeria rubra* (0,78%), *Annona squamosa* (1,5%) e *Tibouchina granulosa* (1,5%).

### 3.2. Análise das Condições Fitossanitárias

O conhecimento do estado de conservação das árvores urbanas é muito relevante pois uma má conservação, falta de manutenção ou implantação de espécies inadequadas podem afetar diretamente a segurança da população na área urbana (Duarte, 2018).

As árvores consideradas com risco de queda apresentam falhas ou defeitos em sua estrutura física e arquitetônica que comprometem a sua estabilidade, podendo causar acidentes devido à queda de galhos e ramos ou a queda total da árvore (Sampaio et al., 2010).

Quanto ao porte dos indivíduos encontrados ao longo da avenida observou-se alta incidência de espécies de grande porte (4 a 10 metros), demonstrando uma dominância de espécies adultas e bem desenvolvidas e com sinais aparentes de declínio (figuras 3 e 4).

Em relação à avaliação das condições fitossanitárias das espécies inventariadas na Avenida Alexandre Barbosa, observou-se deficiência no planejamento da arborização implantada nesta avenida, tendo em vista a presença de um grande número de indivíduos de espécies exóticas; Esses indivíduos apresentam copas com arquitetura incompatível com a estrutura viária urbana, espécies frutíferas com frutos considerados grandes, como é o caso da *Mangifera indica*, que ao cair pode danificar veículos ou atingir pedestres que circulam pela via.

Figura 3. *Caesalpinia pluviosa* no canteiro central da Av. Alexandre Barbosa, 2025.



Fonte: A autoria própria.

Figura 4. *Mangifera indica* no canteiro central da Av. Alexandre Barbosa, 2025.



Fonte: A autoria própria.

Conforme Motter e Müller (2012 *apud* Veloso, 2016, p.32) ao implantar espécies frutíferas na arborização urbana é estimulada a depredação estrutural da planta, pelo fato de pessoas se utilizarem de paus, pedras e outros instrumentos para tentar colher os frutos.

Foram encontrados 50 indivíduos (39%) acometidos por ataque de pragas (cupins), como pode ser observado nas figuras 5 e 6. O maior número de acometimento foi observada em indivíduos de *Caesalpinia pluviosa* (35), porém também observados em indivíduos das espécies *Terminalia catappa*, *Licania Tomentosa*, *Annona squamosa*, *Tibouchina granulosa*, *Handroanthus impetiginosus* e *Mangifera indica*.

Figura 5. *Mangifera indica* infestada por cupins, 2025.



Fonte: A autoria própria.

Figura 6. *Caesalpinia pluviosa* infestada por cupins, 2025.



Fonte: A autoria própria.

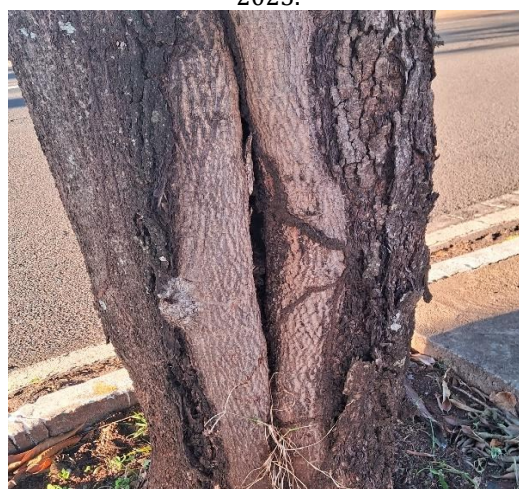
As fissuras ou injúrias mecânicas encontradas nos indivíduos arbóreos (figuras 7 e 8) apresentam origens variadas como instalação indevida de placas (estrangulamento), quedas de galhos provocadas por choque com veículos altos ou por ventos fortes e temporais, ataque de vândalos e outros eventos que promoveram a desestabilização da estrutura física da árvore comprometendo a sua estabilidade.

Figura 7. *Terminalia catappa* com injúrias mecânicas, 2025.



Fonte: Autoria própria.

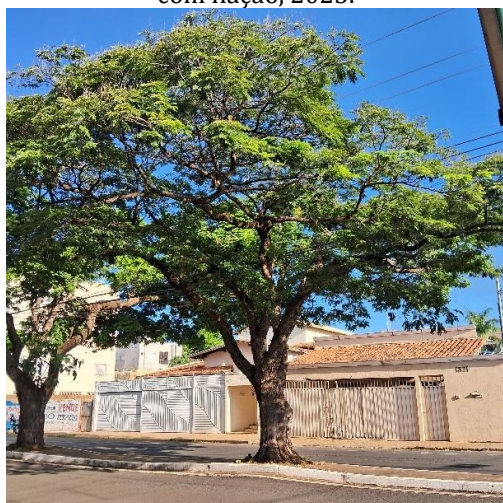
Figura 8. *Mangifera indica* com fissura no tronco, 2025.



Fonte: Autoria própria.

Verificou-se ao longo da via pública que 85 árvores (66,4%) apresentam conflitos com fiação elétrica, telefonia, iluminação e com sinalização de trânsito, principalmente devido as características das espécies *in locu*. O conflito com a fiação elétrica (figuras 9 e 10) foi o mais observado, gerando em períodos de chuva e ventos intensos muitos problemas de interrupção de serviços elétricos aos estabelecimentos e domicílios do entorno.

Figura 9. *Caesalpinia pluviosa* com injúrias em conflito com fiação, 2025.



Fonte: Autoria própria.

Figura 10. Indivíduos de *Terminalia catappa* em conflito com fiação, 2025.



Fonte: Autoria própria.

Como forma de prevenção e eliminação das interferências das copas e galhos das árvores nas redes de energia, recomenda-se que sejam plantadas árvores de pequeno porte que apresentem características de copa adequadas para a área. Além disso, recomenda-se a poda destes indivíduos, para remoção de parte da copa, galhos ou ramos devido ao conflito com as redes de energia elétrica.

O tipo de copa e formação do fuste das espécies encontradas na via pública reflete os problemas enfrentados com os conflitos em relação à copa. Observou-se que 42,2% apresentam copa deformada (copa diferente do padrão da espécie, assimétrica ou com sinais de poda drástica), 25,7% parcialmente deformada (copa com sinais leves de poda e sem danos estruturais) e 32,1% apresentam a copa normal (copa com arquitetura característica da espécie).

A poda quando realizada sem a avaliação das características e adaptações do indivíduo arbóreo ao longo do tempo, pode agravar as suas condições biomecânicas, a resistência do indivíduo, interferindo no seu crescimento e na sua estabilidade (Silva Filho et al., 2018).

Outro fator determinante na estabilidade das árvores refere-se ao tipo de canteiro em que o indivíduo é plantado. Conforme Bacelar (2020) árvores plantadas em canteiros desproporcionais comprometem o desenvolvimento da espécie além de fraturar e prejudicar calçamentos. Verificou-se alguns casos de canteiros inadequados com dimensões pequenas (figuras 11 e 12), colo pavimentado e canteiro próximo a meio-fio e pavimentação (figuras 11), afloramento de raízes (figuras 13 e 14).

Figura 11. Colo pavimentado e canteiro próximo ao meio fio, 2025.



Fonte: Autoria própria.

Figura 12. Canteiro com dimensões pequenas, 2025.



Fonte: Autoria própria.

Figura 13. Canteiro com dimensões pequenas e afloramento de raízes, 2025.



Fonte: Autoria própria.

Figura 14. Colo pavimentado, 2025.



Fonte: Autoria própria.

Avaliou-se que, em 40,6% dos casos o sistema radicular das plantas gerou danos ao calçamento ao longo da via. Dos indivíduos inventariados, 38,3% apresentaram em seu estado geral início de declínio com ataque de pragas, doenças e injúrias mecânicas que descaracterizam a arquitetura padrão da espécie. Em 31,2% dos casos encontra-se em boas condições de vigor e sanidade, podendo apresentar algum sinal de imperfeição, injúrias ou ataque de pragas e doenças superficial. Observou-se que 18% dos indivíduos apresenta estado avançado ou irreversível com dano intenso de pragas e doenças, prejudicando a função do indivíduo com risco de queda ou morte e apenas 12,5% apresenta-se em estado vigoroso, sadio e sem sinais de pragas, doenças ou injúrias arquitetônicas.

#### 4. CONSIDERAÇÕES FINAIS

O inventário de arborização urbana na Avenida Alexandre Barbosa, na cidade de Uberaba/MG resultou em 128 indivíduos ao longo da via, distribuídos em canteiro central e calçadas, sendo estes pertencentes a 15 diferentes espécies e 14 famílias. As principais espécies encontradas com maior número de indivíduos foram a *Caesalpinia pluviosa* (Sibipiruna), coqueiros (não identificado a nível de espécie), *Mangifera indica* (Mangueira), *Terminalia catappa* (Sete-copas) e *Licania tomentosa* (Oiti). A maioria dos indivíduos são de espécies exóticas ou nativas não regionais, não recomendadas para a arborização urbana.

A biodiversidade da localidade apresenta distribuição com poucas espécies com muitos indivíduos, o que se transforma em um problema tendo em vista que a baixa variabilidade de espécies promover uma propagação maior de doenças. Este fato foi observado na espécie *Caesalpinia pluviosa* (Sibipiruna) onde constatou-se o ataque de cupins em 35 indivíduos de um total de 41 indivíduos.

Em relação à fitossanidade das árvores 56,3% dos indivíduos inventariados apresentam condições regulares a ruim. Observou-se início de declínio, com presença de injúrias e ataque de pragas e doenças que comprometem a saúde, estabilidade e a função da espécie na arborização urbana. Quanto ao estado da copa 67,9% destas apresentaram-se deformadas ou parcialmente deformadas, devido ao efeito de podas irregulares ou drásticas. No que se refere ao sistema radicular, 40,6% dos casos o conflito gerou danos em calçadas e canteiros.

O estudo mostra que políticas públicas voltadas para o planejamento da arborização urbana são indispensáveis e fazem toda a diferença, por ser possível prever técnicas e critérios adequados de plantio e manutenção, possibilitando a conservação da biodiversidade local e evitando novos registros de acidentes com quedas de galhos e árvores na região.

## REFERÊNCIAS

ANDREATTA, Tales Rafael; BACKES, Fernanda Alice Antonello Londero; BELLÉ, Rogério Antônio; NEUHAUS, Maurício; GIRARDI, Leonita Beatriz; SCHWAB, Natália Teixeira; BRANDÃO, Bruna Schmitz. Análise da arborização no contexto urbano de avenidas de Santa Maria, RS. **Revista da Sociedade Brasileira de Arborização Urbana**, Piracicaba, v. 6, n. 1, p. 36-50, 2011.

ANGIOSPERM PHYLOGENY GROUP. An update of the Angiosperm Phylogeny Group classification for the orders and families of flowering plants: APG IV. **Botanical Journal of the Linnean Society**, [S. l.], v. 181, n. 1, p. 1-20, 2016.

BACELAR, Washington Jonathan Lima; PARRY, Maurício Möller; HERRERA, Raírys Cravo; FRANÇA, Isadora Fernandes; PARRY, Stérphane Matos. Diagnóstico qualiquantitativo da arborização urbana da cidade de Monte Alegre, Pará, Brasil. **Ciência Florestal**, Santa Maria, v. 30, n. 4, p. 1019-1031, 2020.

BFG – THE BRAZIL FLORA GROUP. Brazilian Flora 2020: Innovation and collaboration to meet Target 1 of the Global Strategy for Plant Conservation (GSPC). **Rodriguésia**, Rio de Janeiro, v. 69, n. 4, p. 1513-1527, 2018.

COPEL - COMPANHIA PARANAENSE DE ENERGIA. **Arborização para vias públicas**. Curitiba: COPEL, 2009. 52 p.

COSTA, William Raimundo; GOMES JÚNIOR, Juarez Antônio; SBROIA NETO, Raul; FREITAS, Marco Túlio. Levantamento florístico de área de extração de calcário na cidade de Uberaba/MG, Brasil. **Revista Eletrônica em Gestão, Educação e Tecnologia Ambiental**, Santa Maria, v. 19, n. 2, p. 964-971, 2015.

DUARTE, Priscila Gabriela da Silva. **Comparação de métodos de análise de risco de queda de árvores urbanas: eficiência técnica, ergonômica e econômica**. 2018. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Engenharia Florestal) – Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Dois Vizinhos, 2018.

MOTTER, Natália; MÜLLER, Nilvane G. Diagnóstico da arborização urbana no município de Tuparendi-RS. **Revista da Sociedade Brasileira de Arborização Urbana**, Piracicaba, v. 7, n. 4, p. 27-36, 2012.

PARRY, Maurício Möller; SILVA, Maristela Marques; SENA, Iracema Silva; OLIVEIRA, Francisco Plácido Magalhães. Composição florística da arborização da cidade de Altamira, Pará. **Revista da Sociedade Brasileira de Arborização Urbana**, Piracicaba, v. 7, n. 1, p. 143-158, 2012.

PEREIRA, Paula Helena; TOPANOTTI, Larissa Regina; DALLACORT, Sidinei; MOTA, Clézio José da; BRUN, Flávia Gizele König; SILVA, Tatiane Leão. Estudo de caso de risco de queda de árvores urbanas em via pública na cidade de Dois Vizinhos-PR. **Synergismus Scyentifica**, [S. l.], v. 6, n. 1, p. 1-10, 2011.

SILVA FILHO, Demóstenes Ferreira da; POLIZEL, Jefferson Lordelo; OLIVEIRA, Rogério Goularte Moura Gomes de; GIALLUCA, Vernei; ROSÁRIO, Uéber Fernandes; CAMARGO, Carlos Donizete Franco de. **Arborização urbana: guia para identificação, manejo e avaliação do risco de queda**. Piracicaba: FEALQ, 2018.

SAMPAIO, André Cesar Furlaneto; DUARTE, Felipe Galvão; SILVA, Emanuel Giovani Cafofo; ANGELIS, Bruno Luiz Domingos De; BLUN, Christopher Tomas. Avaliação de árvores de risco na arborização de vias públicas de Nova Olímpia, Paraná. **Revista da Sociedade Brasileira de Arborização Urbana**, Piracicaba, v. 5, n. 2, p. 82-104, 2010.

VELOSO, José Neto. Inventário da arborização das principais avenidas do município de Rorainópolis, Roraima. **Boletim do Museu Integrado de Roraima**, Boa Vista, v. 10, n. 2, p. 28-40, 2016.

# CAPÍTULO II

## DIAGNÓSTICO ECOLÓGICO DE VEREDAS NO CERRADO APÓS INCÊNDIO: UM ESTUDO DE CASO NO IFTM - CAMPUS UBERABA

DOI: 10.51859/amplla.aca007.1125-2

Pedro Lythael Jeremias Teodoro <sup>1</sup>

Ágatha Cristyne Azevedo dos Reis <sup>2</sup>

Renato Farias do Valle Junior <sup>3</sup>

Marina Farcic Mineo <sup>4</sup>

<sup>1</sup> Estudante de Pós-Graduação em Gestão Ambiental: Diagnóstico e Adequação Ambiental, Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Triângulo Mineiro – campus Uberaba, plythael@gmail.com

<sup>2</sup> Estudante de Licenciatura em Ciências Biológicas, Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Triângulo Mineiro – campus Uberaba, agathaazevedodosreis@gmail.com

<sup>3</sup> Professor Dr. do Programa de Pós-Graduação lato sensu na área Ambiental, Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Triângulo Mineiro – campus Uberaba, renato@iftm.edu.br

<sup>4</sup> Professora Dra. do Programa de Pós-Graduação lato sensu na área Ambiental, Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Triângulo Mineiro – campus Uberaba, MG, marina@iftm.edu.br

### RESUMO

O Cerrado, importante hotspot de conservação, é constantemente ameaçado pela conversão de áreas em monoculturas, crescimento urbano e queimadas, especialmente as de origem antrópica, que prejudicam sua biodiversidade, recursos naturais e manutenção de serviços ecossistêmicos. Entre os ecossistemas mais sensíveis presentes nesse bioma destacam-se as veredas, caracterizadas por áreas de depressão com solos permanentemente úmidos e vegetação especializada. Em outubro de 2021, um incêndio de grandes proporções atingiu pastagens e áreas de veredas localizadas no Instituto Federal do Triângulo Mineiro (IFTM) – Campus Uberaba. Como não foram realizados estudos que avaliassem o impacto ambiental nas veredas nem sua recuperação, o presente estudo buscou diagnosticar por meio de teste rápido a integridade ambiental dessas áreas. Ao longo de 2024, foram conduzidas quatro campanhas de campo nas duas áreas de veredas situadas no IFTM, abrangendo tanto o período de estiagem quanto o chuvoso. Uma das áreas analisadas foi classificada como estando em estágio “intermediário de degradação”, resultado que contrasta com avaliação anterior ao evento de 2021, na qual o local foi categorizado como “parcialmente preservado”. Possivelmente esta mudança seja resultado das intensas atividades antrópicas nesta região que impossibilitaram a reabilitação ecológica. Por outro lado, a segunda área manteve sua classificação como “parcialmente preservada”, conforme identificado em estudo anterior. O local é pouco antropizado, apesar da canalização da água em um trecho, o que pode ter favorecido a sua recuperação após o incêndio. Os resultados obtidos corroboram as hipóteses propostas, indicando que veredas submetidas a menor interferência humana mantêm maior estabilidade ecológica, enquanto aquelas com uso intensivo apresentam redução em atributos estruturais e funcionais, como diversidade de espécies, cobertura vegetal e umidade do solo. As pontuações médias obtidas 27 para a vereda mais antropizada e 29 para a área menos acessível evidenciam essas diferenças.

Palavras-chaves: Conservação; Diagnóstico ambiental; Preservação; Queimadas.

### 1. INTRODUÇÃO

O Cerrado é o segundo bioma mais rico em biodiversidade do Brasil e também abriga diversas espécies endêmicas de vegetais e animais, compõem diversos tipos fisionômicos como: cerradão, campo limpo, campo sujo, cerrado e as veredas (Durigan *et al*, 2011). Apesar de sua

relevância ecológica, o bioma Cerrado encontra-se sob crescente pressão antrópica, sendo as queimadas recorrentes uma das principais ameaças à sua integridade. Esses incêndios, majoritariamente provocados por atividades humanas, promovem severos impactos nos componentes bióticos e abióticos do Cerrado, alterando a dinâmica ecológica, reduzindo a biodiversidade e comprometendo processos ecossistêmicos essenciais. Dentre os ambientes mais sensíveis às perturbações por fogo estão as veredas, ecossistemas hidromórficos caracterizados por solos permanentemente encharcados, resultantes do afloramento do lençol freático em áreas de depressão (Durigan *et al*, 2022). Essas áreas concentram vegetação adaptada a condições específicas de saturação hídrica, como o buriti (*Mauritia flexuosa*) e o capim-rabo-de-burro (*Andropogon bicornis*).

As veredas podem ser definidas como zonas brejosas ou encharcadas, frequentemente associadas a nascentes e cabeceiras de drenagens, ocupando solos hidromórficos e apresentando renques de buritis, o que confere identidade visual e funcional ao ambiente (Bastos; Ferreira, 2010). Segundo Ferreira (2003), tais ambientes são considerados subsistemas jovens do ponto de vista evolutivo, formados ao longo do Holoceno. Essa característica reforça sua vulnerabilidade a distúrbios, visto que ainda se encontram em fase de consolidação ecológica.

As veredas são Áreas de Preservação Permanente (APPs), e sofrem influência das ações antrópicas em diferentes pontos do Cerrado, principalmente impactos provenientes das atividades agropecuárias, industriais e urbanas (Pelli e Pimenta, 2020). Estudos têm demonstrado que fatores antropogênicos podem levar a alterações na composição florística e na estrutura da vegetação (Nunes *et al.*, 2022). Ações humanas contínuas, como extração de água e circulação recorrente, podem resultar em degradação do solo e alterações no lençol freático, afetando a vegetação típica das veredas (Sales *et al.* 2023). Análises de qualidade do solo e da água indicam que as veredas preservadas mantêm melhores condições ecológicas em comparação com aquelas em áreas degradadas ou urbanas (Faxina *et al.*, 2021 ; Sales *et al.*, 2023 ). Para Cardoso *et al* (2009), o fogo pode permitir uma regressão para uma fisionomia mais aberta, que requer um maior tempo sem perturbação para que ocorra a regeneração completa da vegetação nativa.

No final de outubro de 2021, um incêndio de grandes proporções atingiu cerca de 37,70 hectares no Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Triângulo Mineiro, Campus Uberaba (IFTM), afetando tanto áreas de pastagem quanto segmentos de veredas presentes na instituição. As chamas comprometeram diretamente esses ambientes úmidos e sua biodiversidade associada, ressaltando a necessidade de avaliação técnica dos danos

provocados, sobretudo pela ausência de registros sistemáticos sobre a resposta ecológica pós-distúrbio. O fogo pode destruir rapidamente essas áreas sensíveis, comprometendo ecossistemas únicos e expondo vulnerabilidades que afetam não apenas a biodiversidade local, mas também os serviços ecossistêmicos prestados por essas regiões.

Considerando a ausência de avaliações técnicas após o incêndio ocorrido em 2021, este trabalho teve como finalidade analisar o estado ecológico atual das veredas situadas no Instituto Federal do Triângulo Mineiro, Campus Uberaba. O foco principal esteve na verificação do nível de integridade ambiental desses ecossistemas, na detecção de áreas com maior suscetibilidade à degradação e na obtenção de informações que possam contribuir para futuras ações de monitoramento, conservação e planejamento ambiental.

Dada a particularidade ecológica dessas áreas e os eventos históricos que as afetaram nos últimos anos, o estudo foi conduzido com base em premissas que norteiam a análise da sua condição ambiental. Essas suposições consideram tanto os efeitos provocados por distúrbios recentes quanto a intensidade do uso antrópico, estabelecendo uma relação entre fatores estruturais da vegetação e a dinâmica funcional das veredas.

Entre os pressupostos formulados, destaca-se a expectativa de que ambientes úmidos sujeitos à ação humana contínua, como captação de água, atividades acadêmicas ou circulação recorrente, apresentem maior comprometimento ecológico, manifestado por alterações na composição florística e na estrutura vertical da vegetação. Em contrapartida, supõe-se que veredas situadas em áreas com baixa acessibilidade e pouco uso apresentem maior estabilidade ecológica, preservando suas características originais por estarem menos expostas a intervenções externas.

Outra hipótese relevante é a de que os efeitos das queimadas de 2021 ainda são mensuráveis nos remanescentes úmidos do campus, contribuindo para a perda de atributos ecológicos, especialmente em áreas onde não foram adotadas medidas de mitigação. Presume-se, ainda, que a presença contínua de elementos estruturais típicos, como indivíduos de *Mauritia flexuosa*, a vegetação nativa no entorno e a manutenção da umidade edáfica ao longo do ano, desempenhe papel fundamental na capacidade de recuperação e resiliência desses ecossistemas frente a perturbações ambientais.

## 2. METODOLOGIA

A pesquisa foi conduzida no Instituto Federal do Triângulo Mineiro (IFTM) - campus Uberaba (19°39'42.9"S 47°58'12.3"W) localizado no município de Uberaba-MG. O referido campus possui uma área total de 472 hectares, e abriga áreas naturais de Cerrado, dentre elas,

duas regiões de veredas. A seleção dessas áreas foi fundamentada na ocorrência de um incêndio em outubro de 2021 e em inspeções prévias que indicaram diferentes níveis de pressão antrópica entre elas.

As áreas foram identificadas como área A e área B, onde foram aplicados testes rápidos de avaliação de integridade de veredas (Pelli e Pimenta, 2020), o qual utiliza variáveis qualitativas e quantitativas associadas a atributos estruturais e funcionais do ecossistema. A coleta de dados foi realizada em quatro campanhas de campo durante o ano de 2024, contemplando tanto o período de estiagem (abril e julho) quanto o chuvoso (outubro e novembro), de modo a captar possíveis variações fenológicas. A aplicação do teste foi conduzida em parcelas padronizadas de 50 metros de comprimento por 25 metros de largura (1.250 m<sup>2</sup>), estabelecidas em ambas as áreas. A avaliação baseou-se em observações visuais da diversidade morfológica das espécies vegetais e em estimativas da densidade e cobertura de diferentes estratos de vegetação, conforme as categorias estabelecidas no instrumento metodológico. A presença de espécies indicadoras, como *Mauritia flexuosa* e *Andropogon bicornis*, foi considerada na classificação ecológica das parcelas. Dentre as variáveis avaliadas estavam: número de morfoespécies herbáceo-arbustivas, grau de antropização, cobertura por espécies exóticas (como braquiária), densidade dos estratos inferior e superior, cobertura do solo, presença de corpos d'água, densidade de buritis, fisionomia adjacente, umidade do solo e número de indivíduos arbóreos com DAP > 5 cm. A pontuação final de cada parcela resulta da soma das notas atribuídas às 12 variáveis, totalizando um escore mínimo possível de 12 e máximo de 36 pontos. Conforme os intervalos de classificação definidos, as veredas foram categorizadas como: “totalmente descaracterizadas” (12 a 19 pontos), “em estágio intermediário de degradação” (20 a 27 pontos), “parcialmente preservadas” (28 a 35 pontos) e “preservadas” (36 pontos) (Quadro1).

A metodologia empregada, por sua natureza simplificada e de rápida execução, dispensou a necessidade de coletas botânicas rigorosas ou análises laboratoriais complementares. Nesse contexto, também não se procedeu ao levantamento sistemático da fauna e da flora, sendo a caracterização das áreas realizada com base em observações in loco das variações morfológicas das espécies vegetais presentes, de modo a possibilitar seu enquadramento nas categorias estabelecidas pelas variáveis do protocolo. As observações foram realizadas por dois avaliadores previamente treinados, que aplicaram conjuntamente o protocolo em todas as parcelas para garantir padronização nas estimativas visuais e minimizar viés interobservador. As estimativas visuais foram anotadas manualmente em fichas de campo

específicas para cada variável e posteriormente transcritas para planilhas eletrônicas do Microsoft Excel para tabulação e classificação.

Quadro 1 - Variáveis utilizadas para caracterização de micro-habitat na região de veredas.

|          | Variáveis                                   | Classes estimadas de presença/intensidade                           |
|----------|---------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------|
| <b>A</b> | Nº de morfoespécies herbáceo-arbustivas     | 1 (0-5); 2 (5-15); 3 (>15)                                          |
| <b>B</b> | Grau de antropização                        | 1 (intenso); 2 (intermediário); 3 (mínimo)                          |
| <b>C</b> | Área coberta por braquiária                 | 1 (>10%); 2 (até 10%); 3 (ausente)                                  |
| <b>D</b> | Área coberta por capim-rabo-de-burro        | 1 (ausente); 2 (raro ≤5%); 3 (presente ≥5%)                         |
| <b>E</b> | Densidade estrato inferior (< 2m)           | 1 (cobertura ≤5%); 2 (cobertura 5 a 50%); 3 (≥50%)                  |
| <b>F</b> | Densidade estrato superior (> 3m)           | 1 (cobertura ≤5%); 2 (cobertura 5 a 50%); 3 (≥50%)                  |
| <b>G</b> | Cobertura do solo                           | 1 (solo nu); 2 (cobertura 5 a 50%); 3 (≥50%)                        |
| <b>H</b> | Presença de reservatório d'água             | 1 (ausente); 2 (temporário); 3 (abundante)                          |
| <b>I</b> | Densidade de buritis                        | 1 (inexistente); 2 (≤1/50m <sup>2</sup> ); 3 (≥1/50m <sup>2</sup> ) |
| <b>J</b> | Fitofisionomia adjacente                    | 1 (ausente); 2 (pastagem); 3 (vegetação nativa)                     |
| <b>K</b> | Umidade do solo                             | 1 (seco); 2 (úmido); 3 (saturado)                                   |
| <b>L</b> | Densidade de árvores com mais de 5 cm (DAP) | 1 (ausente); 2(1-15); 3(>15)                                        |

Fonte: Pelli e Pimenta, 2020.

### 3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

#### 3.1. Área A – Vereda com Acesso Frequente

Os resultados obtidos para a Área A indicam uma tendência de degradação progressiva ao longo do período analisado, com redução da pontuação total de 32 (abril) para 25 (novembro), e média final de 27 (Tabela 1), enquadrando-se na categoria de "estágio intermediário de degradação" segundo os critérios de Pelli e Pimenta (2020). Tal cenário pode estar associado ao uso recorrente da área para fins didáticos, científicos e à captação de água por bomba elétrica (Figura 1D), que promoveu distúrbios físicos e pressões antrópicas contínuas.

Figura 1. A) entrada da área A; B) vista da borda; C) Construção que abriga a bomba d'água; D) bomba d'água utilizada para drenar a água da vereda; E) vista da fitofisionomia adjacente da vereda da área A.



Fonte: Autores, 2024.

Ao longo das campanhas realizadas na Área A, verificou-se um processo de substituição gradual da vegetação nativa por gramíneas exóticas, especialmente a braquiária (*Brachiaria* spp.), cuja cobertura ultrapassou 10% a partir do período seco. Esse avanço pode ter contribuído para a redução da ocorrência de *Andropogon bicornis* (capim-rabo-de-burro), cuja presença diminuiu progressivamente até ser classificada como ausente nas duas últimas visitas.

A estrutura vertical da vegetação apresentou declínio, evidenciado pela diminuição das classes atribuídas aos estratos inferior (<2 m) e superior (>3 m), refletindo empobrecimento fisionômico da comunidade vegetal. A umidade do solo oscilou conforme a sazonalidade climática: inicialmente classificada como “saturada” em abril, tornou-se “seca” em julho e recuperou-se parcialmente em novembro, chegando à classe “úmida”.

O grau de antropização variou ao longo do período, alternando entre os níveis “intenso” e “intermediário”, o que pode estar relacionado ao uso frequente da área para atividades

práticas de ensino e pesquisa, especialmente por turmas do ensino médio integrado e da graduação. Essa instabilidade nas pressões antrópicas pode ter afetado negativamente a diversidade vegetal e os mecanismos de regeneração.

A cobertura do solo também apresentou flutuações, com redução durante a seca e posterior recuperação para níveis superiores a 50% no mês de novembro, provavelmente em resposta ao retorno das chuvas frequentes a partir de outubro. Apesar dessas alterações estruturais, a presença de corpos d'água se manteve constante ao longo de todo o ano (classe “abundante”), evidenciando a permanência da função hidrológica da vereda.

A vegetação do entorno da área A, composta por fragmentos nativos, permaneceu inalterada durante o período avaliado, o que indica que os impactos observados concentram-se no interior da vereda e não na sua borda. Os resultados consolidados das variáveis avaliadas estão apresentados na Tabela 1.

Tabela 1: Variáveis preenchidas de acordo com as datas de coletas da área A.

|              | Variáveis (12-36)                           | Classes estimadas de presença/intensidade                           | Ponto A<br>17/04/2<br>4 | Ponto A<br>06/07/2<br>4 | Ponto A<br>18/10/2<br>4 | Ponto A<br>21/11/24 |
|--------------|---------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------|-------------------------|-------------------------|-------------------------|---------------------|
| <b>A</b>     | Nº de morfoespécies herbáceo-arbustivas     | 1 (0-5); 2 (5-15); 3 (>15)                                          | 3                       | 2                       | 2                       | 2                   |
| <b>B</b>     | Grau de antropização                        | 1 (intenso); 2 (intermediário); 3 (mínimo)                          | 1                       | 2                       | 2                       | 1                   |
| <b>C</b>     | Área coberta por braquiária                 | 1 (>10%); 2 (até 10%); 3 (ausente)                                  | 2                       | 1                       | 1                       | 1                   |
| <b>D</b>     | Área coberta por capim-rabo-de-burro        | 1 (ausente); 2 (raro ≤5%); 3 (presente ≥5%)                         | 3                       | 2                       | 1                       | 1                   |
| <b>E</b>     | Densidade estrato inferior (<2m)            | 1 (cobertura ≤5%); 2 (cobertura 5 a 50%); 3 (≥50%)                  | 2                       | 3                       | 2                       | 2                   |
| <b>F</b>     | Densidade estrato superior (>3m)            | 1 (cobertura ≤5%); 2 (cobertura 5 a 50%); 3 (≥50%)                  | 3                       | 3                       | 2                       | 2                   |
| <b>G</b>     | Cobertura do solo                           | 1 (solo nu); 2 (cobertura 5 a 50%); 3 (≥50%)                        | 3                       | 2                       | 2                       | 3                   |
| <b>H</b>     | Presença de reservatório d'água             | 1 (ausente); 2 (temporário); 3 (abundante)                          | 3                       | 3                       | 3                       | 3                   |
| <b>I</b>     | Densidade de buritis                        | 1 (inexistente); 2 (≤1/50m <sup>2</sup> ); 3 (≥1/50m <sup>2</sup> ) | 3                       | 3                       | 3                       | 3                   |
| <b>J</b>     | Fitofisionomia adjacente                    | 1 (ausente); 2 (pastagem); 3 (vegetação nativa)                     | 3                       | 3                       | 3                       | 3                   |
| <b>K</b>     | Umidade do solo                             | 1 (seco); 2 (úmido); 3 (saturado)                                   | 3                       | 1                       | 2                       | 2                   |
| <b>L</b>     | Densidade de árvores com mais de 5 cm (DAP) | 1 (ausente); 2 (1-15); 3 (>15)                                      | 2                       | 2                       | 2                       | 2                   |
| <b>Total</b> |                                             |                                                                     | <b>32</b>               | <b>27</b>               | <b>25</b>               | <b>25</b>           |

### 3.2. Área B – Vereda de Difícil Acesso

A Área B, em contraste, apresentou sinais consistentes de regeneração ecológica ao longo do mesmo período. A pontuação total aumentou de 30 (abril) para 32 (novembro), com média geral de 29, permanecendo na categoria de “parcialmente preservada”. O local é caracterizado por seu difícil acesso (Figuras 2A e 2B), o que provavelmente reduziu a frequência de interferência humana direta.

A diversidade de morfoespécies herbáceo-arbustivas aumentou ao longo do ano, ultrapassando 15 espécies distintas na última avaliação. Esse incremento é indicativo de processos naturais de regeneração, favorecidos pela ausência de manejo antrópico recente. A cobertura por braquiária foi maior nos meses secos, mas recuou em novembro, provavelmente devido à maior competitividade de espécies adaptadas a ambientes saturados. Apesar de o capim-rabo-de-burro ter se mantido ausente, a estrutura arbórea mostrou-se robusta, com densidade elevada de árvores com DAP >5 cm e presença contínua de buritis (*Mauritia flexuosa*), elementos-chave para a resiliência ecológica do ecossistema.

A umidade do solo manteve-se satisfatória mesmo na estiagem, e o solo apresentou saturação nos períodos chuvosos, refletindo boa funcionalidade hidrológica. A estabilidade do grau de antropização (classificado como “mínimo” em todas as campanhas), a cobertura do solo  $\geq 50\%$  no final do ano, e a fitofisionomia adjacente composta por vegetação nativa reforçam a integridade da área. Os dados detalhados da Área B estão descritos na Tabela 2.

Ao final do período chuvoso, observou-se uma recuperação significativa da cobertura do solo na Área B, alcançando valores superiores a 50%. Simultaneamente, o estrato inferior apresentou leve incremento em sua densidade, indicando reestruturação vertical da vegetação rasteira.

Mesmo durante a estação seca, a umidade do solo manteve-se em níveis satisfatórios, não sendo registrada condição de *secura severa*, e retornando à saturação no último ciclo amostral, evidenciando a eficiência hídrica da vereda.

A constância do grau de antropização classificado como “mínimo” em todas as campanhas, associada à elevada densidade de buritis (*Mauritia flexuosa*), à presença de vegetação adjacente nativa e ao número expressivo de árvores com DAP superior a 5 cm, reforçam a resiliência ecológica da área frente a distúrbios. As populações de *M. flexuosa* frequentemente exibem uma distribuição em forma de J invertido, indicando autorregeneração (Resende *et al.*, 2012). A espécie é fundamental tanto para a vida selvagem quanto para as

comunidades locais, que usam várias partes da palmeira para alimentação e materiais (Matos *et al.*, 2014 ; Lima *et al.*, 2024 ).

Contudo, a ausência recorrente de *Andropogon bicornis* (capim-rabo-de-burro) ao longo de todas as coletas pode sinalizar perda de diversidade funcional ou competição interespecífica com espécies mais adaptadas ao ambiente local (Pereira *et al.*, 2022).

Figura 2. A) Entrada da vereda da área B; B) vista da mata adjacente da vereda; C) vista lateral da entrada da vereda; D) solo argiloso típico de áreas de veredas; E) vertedouro para fins didáticos; F) solo nu na borda da vereda.



Fonte: Autores, 2024.

Tabela 2: Variáveis preenchidas de acordo com as datas de coletas da área B.

|              | Variáveis (12-36)                           | Classes estimadas de presença/intensidade                           | Ponto B<br>17/04/24 | Ponto B<br>06/07/24 | Ponto B<br>18/10/24 | Ponto B<br>21/11/24 |
|--------------|---------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------|---------------------|---------------------|---------------------|---------------------|
| <b>A</b>     | Nº de morfoespécies herbáceo-arbustivas     | 1 (0-5); 2 (5-15); 3 (>15)                                          | 1                   | 2                   | 2                   | 3                   |
| <b>B</b>     | Grau de antropização                        | 1 (intenso); 2 (intermediário); 3 (mínimo)                          | 3                   | 3                   | 3                   | 3                   |
| <b>C</b>     | Área coberta por braquiária                 | 1 (>10%); 2 (até 10%); 3 (ausente)                                  | 3                   | 1                   | 1                   | 2                   |
| <b>D</b>     | Área coberta por capim-rabo-de-burro        | 1 (ausente); 2 (raro ≤5%); 3 (presente ≥5%)                         | 1                   | 1                   | 1                   | 1                   |
| <b>E</b>     | Densidade estrato inferior (<2m)            | 1 (cobertura ≤5%); 2 (cobertura 5 a 50%); 3 (≥50%)                  | 1                   | 1                   | 1                   | 2                   |
| <b>F</b>     | Densidade estrato superior (>3m)            | 1 (cobertura ≤5%); 2 (cobertura 5 a 50%); 3 (≥50%)                  | 3                   | 3                   | 3                   | 3                   |
| <b>G</b>     | Cobertura do solo                           | 1 (solo nu); 2 (cobertura 5 a 50%); 3 (≥50%)                        | 3                   | 2                   | 2                   | 3                   |
| <b>H</b>     | Presença de reservatório d'água             | 1 (ausente); 2 (temporário); 3 (abundante)                          | 3                   | 3                   | 3                   | 3                   |
| <b>I</b>     | Densidade de buritis                        | 1 (inexistente); 2 (≤1/50m <sup>2</sup> ); 3 (≥1/50m <sup>2</sup> ) | 3                   | 3                   | 3                   | 3                   |
| <b>J</b>     | Fitofisionomia adjacente                    | 1 (ausente); 2 (pastagem); 3 (vegetação nativa)                     | 3                   | 3                   | 3                   | 3                   |
| <b>K</b>     | Umidade do solo                             | 1 (seco); 2 (úmido); 3 (saturado)                                   | 3                   | 2                   | 3                   | 3                   |
| <b>L</b>     | Densidade de árvores com mais de 5 cm (DAP) | 1 (ausente); 2(1-15); 3(>15)                                        | 3                   | 3                   | 3                   | 3                   |
| <b>Total</b> |                                             |                                                                     | <b>30</b>           | <b>26</b>           | <b>28</b>           | <b>32</b>           |

Veredas sob menor influência humana tendem a ter maior biodiversidade, melhores propriedades do solo e maior capacidade de retenção de água (Nunes et al., 2022). Fatores como agricultura, urbanização e construção de estradas podem levar a mudanças na estrutura da vegetação, características do solo e processos hidrológicos (Gonçalves *et al.*, 2022). Esses impactos se estendem além das veredas, afetando florestas globalmente, com apenas 40,5% das florestas restantes tendo alta integridade ecossistêmica (Grantham *et al.*, 2020). No Brasil, a pressão antrópica sobre os biomas está aumentando, particularmente no Cerrado, Caatinga e Mata Atlântica (Bezerra *et al.*, 2022).

No que se refere à Área A, os resultados obtidos permitem classificá-la como em “estágio intermediário de degradação”, com média de 27 pontos, valor inferior ao observado por Pelli e Pimenta (2020), que atribuíram à mesma área uma pontuação de 30, caracterizando-a anteriormente como “parcialmente preservada”. Esse rebaixamento no grau de conservação pode ser atribuído à combinação dos efeitos das queimadas ocorridas em 2021 com o uso intensivo da área para atividades acadêmicas, o que possivelmente comprometeu os processos naturais de regeneração.

Em contraste, as veredas da Área B mantiveram-se na categoria de “parcialmente preservadas”, com média de 29 pontos, superando ligeiramente a pontuação registrada no levantamento de 2020 (28 pontos), o que sugere uma leve tendência de melhoria nas condições ambientais da área. Essa estabilidade pode estar diretamente relacionada à menor acessibilidade física da vereda e à ausência de perturbações severas durante e após o evento de fogo de 2021.

Foi possível evidenciar a abundância do reservatório de água tanto no ponto A (Figura 1B) quanto no ponto B (Figura 2E) ao longo de todo o ano. Apesar da presença da bomba da água e da canalização da água em um dos pontos, nossos resultados mostraram que a interferência humana não afetou o ponto A (Tabela 1) e o ponto B (Tabela 2) de modo a descaracterizar as veredas.

Ambas as áreas apresentaram presença contínua de corpos d’água superficiais durante todas as campanhas, conforme evidenciado nas Figuras 1B (Área A) e 2E (Área B), sendo classificadas como de abundância hídrica.

Apesar da existência de estruturas de captação, como bomba d’água e canalização na Área A, os dados obtidos indicam que tais interferências, embora relevantes, não foram suficientes para descaracterizar funcionalmente as veredas, conforme os critérios do protocolo utilizado (Tabelas 1 e 2).

#### **4. CONSIDERAÇÕES FINAIS**

Os dados obtidos ao longo das quatro campanhas de campo realizadas em 2024 demonstram que as veredas localizadas no IFTM - Campus Uberaba apresentam distintos níveis de conservação, diretamente relacionados à intensidade de uso e à vulnerabilidade às perturbações ambientais. A partir da aplicação do protocolo de avaliação rápida proposto por Pelli e Pimenta (2020), foi possível quantificar e comparar a integridade ecológica de duas áreas contrastantes, contribuindo com informações relevantes para o manejo e a conservação desses ambientes singulares.

Na Área A, caracterizada por maior acessibilidade e uso frequente para atividades acadêmicas, observou-se um processo de degradação progressiva. A pontuação média final foi de 27 pontos, valor que enquadra a área na condição de “estágio intermediário de degradação”. Este resultado representa uma redução em relação à avaliação de 2020, que havia atribuído 30 pontos, sugerindo que os impactos das queimadas ocorridas em 2021, somados à pressão antrópica recorrente, comprometeram a capacidade de regeneração da vegetação local. Além disso, registrou-se aumento na cobertura de braquiária (>10% nas três últimas campanhas), redução da presença de *Andropogon bicornis*, e instabilidade nas variáveis associadas à estrutura vertical e umidade do solo.

Em contraste, a Área B demonstrou maior estabilidade ecológica ao longo do período avaliado. Com uma média de 29 pontos, a vereda manteve-se na categoria de “parcialmente preservada”, apresentando ligeira melhora em relação ao valor registrado em 2020 (28 pontos). A ausência de interferências diretas, aliada à dificuldade de acesso, parece ter favorecido a conservação dos atributos ecológicos da área. A elevada densidade de buritis (*Mauritia flexuosa*), a presença constante de vegetação nativa adjacente e a manutenção da umidade do solo, mesmo durante a estação seca, reforçam o papel dessa vereda como um fragmento resiliente dentro do campus. Embora o capim-rabo-de-burro tenha permanecido ausente, o aumento na diversidade de morfoespécies herbáceo-arbustivas ao longo das campanhas sugere regeneração florística em andamento.

Diante desses achados, confirma-se a hipótese de que veredas sob menor pressão antrópica tendem a apresentar maior integridade ecológica, enquanto áreas submetidas a uso intensivo e distúrbios recentes demonstram sinais claros de degradação. As diferenças nas pontuações médias entre as duas áreas (27 na Área A e 29 na Área B) evidenciam que mesmo pequenos contrastes no uso e no histórico de perturbações podem gerar variações significativas na conservação de ambientes úmidos sensíveis, evidenciando a necessidade de acompanhamento destas áreas.

Além disso, esse trabalho pode contribuir para pesquisas cujo objetivo é compreender a velocidade de recuperação do subsistema de veredas, além de novos trabalhos para avaliar a qualidade ambiental destas áreas. Por fim, recomenda-se a retirada de espécies exóticas/invasoras e manejo de espécies nativas, para melhor recuperação ambiental.

## REFERÊNCIAS

- BASTOS, L. A.; FERREIRA, I. M. Composições fitofisionômicas do bioma Cerrado: estudo sobre o subsistema de Vereda. **Espaço em Revista**, Goiânia, v. 12, n. 1, 2012. Disponível em: <https://periodicos.ufcat.edu.br/espaco/article/view/17656>. Acesso em: 26 maio 2025.
- BEZERRA, F. G. S.; TOLEDO, P. M. de; RANDOW, C. von; AGUIAR, A. P. D. de; LIMA, P. V. P. S.; ANJOS, L. J. S. dos; BEZERRA, K. R. A. Spatio-temporal analysis of dynamics and future scenarios of anthropic pressure on biomes in Brazil. **Ecological Indicators**, v. 137, 2022. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.ecolind.2022.108749>. Acesso em: 26 maio 2025.
- CARDOSO, E.; MORENO, M. I. C.; BRUNA, E. M.; VASCONCELOS, H. L. Mudanças fitofisionômicas no Cerrado: 18 anos de sucessão ecológica na Estação Ecológica do Panga, Uberlândia-MG. **Caminhos de Geografia**, Uberlândia, v. 10, n. 32, p. 254-268, 2009.
- DURIGAN, Giselda **et al.** Cerrado wetlands: multiple ecosystems deserving legal protection as a unique and irreplaceable treasure. **Perspectives in Ecology and Conservation**, v. 20, n. 3, p. 185-196, 2022.
- DURIGAN, Giselda **et al.** **Manual para recuperação da vegetação de cerrado**. São Paulo: Páginas e Letras, 2011. Disponível em: [https://www.icmbio.gov.br/educacaoambiental/images/stories/biblioteca/permacultura/Manual\\_recuperacao\\_cerrado.pdf](https://www.icmbio.gov.br/educacaoambiental/images/stories/biblioteca/permacultura/Manual_recuperacao_cerrado.pdf). Acesso em: 26 maio 2025.
- FAXINA, R. R. C.; BERTOLINO, S. M.; OLIVEIRA, D. de. Qualidade de água em veredas da bacia do rio Uberabinha-Uberlândia/MG. **Revista Mineira de Recursos Hídricos**, v. 2, p. 1-12, 2021.
- FERREIRA, I. M. **O afogar das Veredas: uma análise comparativa espacial e temporal das Veredas do Chapadão de Catalão (GO)**. 2003. 242 f. Tese (Doutorado em Geografia) – Instituto de Geociências e Ciências Exatas, Universidade Estadual Paulista, Rio Claro, 2003.
- GONÇALVES, R. V. S.; CARDOSO, J. C. F.; OLIVEIRA, P. E.; RAYMUNDO, D.; OLIVEIRA, D. C. de. The role of topography, climate, soil and the surrounding matrix in the distribution of Veredas wetlands in central Brazil. **Wetlands Ecology and Management**, v. 30, p. 1261-1279, 2022. Disponível em: <https://doi.org/10.1007/s11273-022-09895-z>. Acesso em: 26 maio 2025.
- GRANTHAM, H. S. **et al.** Anthropogenic modification of forests means only 40% of remaining forests have high ecosystem integrity. **Nature Communications**, v. 11, p. 1-10, 2020. Disponível em: <https://doi.org/10.1038/s41467-020-19493-3>. Acesso em: 26 maio 2025.
- LIMA, L. da S. de; TEIXEIRA, R. D. B. L.; THÉ, A. P. G.; AZEVEDO, I. F. P. de. “Pela natureza, as veredas e o alimento”: etnobotânica e etnoecologia de *Mauritia flexuosa* L. e *Mauritiella armata* (Mart.) Burret em comunidades de veredas do sertão norte mineiro. **PerCursos**, v. 25, p. 1-28, 2024. Disponível em: <https://doi.org/10.5965/19847246252024e0505>. Acesso em: 26 maio 2025.
- MARTINS, S. V.; RIBEIRO, G. A.; SILVA JÚNIOR, W. M. da; NAPPO, M. E. Regeneração pós-fogo em um fragmento de Floresta Estacional Semidecidual no município de Viçosa, MG. **Ciência Florestal**, v. 12, n. 1, p. 11-19, 2002. Disponível em: <https://doi.org/10.5902/198050981696>. Acesso em: 26 maio 2025.

MATOS, F. dos S.; NUNES, Y. R. F.; SILVA, M. A. P.; OLIVEIRA, I. de S. Variação biométrica de diásporos de buriti (*Mauritia flexuosa* L.f. – Arecaceae) em veredas em diferentes estágios de conservação. **Ciência Florestal**, v. 24, n. 4, p. 833-842, 2014. Disponível em: <https://doi.org/10.5902/1980509816583>. Acesso em: 26 maio 2025.

MINAS GERAIS. **Lei nº 9.375, de 12 de dezembro de 1986**. Declara de interesse comum e de preservação permanente os ecossistemas das veredas no Estado de Minas Gerais. Disponível em: <http://www.siam.mg.gov.br/sla/download.pdf?idNorma=2196>. Acesso em: 26 maio 2025.

NUNES, Y. R. F. **et al.** Vegetation structure and edaphic factors in veredas reflect different conservation status in these threatened areas. **Forest Ecosystems**, v. 9, 2022. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.fecs.2022.100036>. Acesso em: 26 maio 2025.

PELLI, A.; PIMENTA, P. C. Estado atual de conservação de veredas no município de Uberaba/MG. **Revista Gestão & Sustentabilidade Ambiental**, v. 9, n. 1, p. 214-230, 2020. Disponível em: [https://portaldeperiodicos.animaeducacao.com.br/index.php/gestao\\_ambiental/article/view/6580](https://portaldeperiodicos.animaeducacao.com.br/index.php/gestao_ambiental/article/view/6580). Acesso em: 26 maio 2025.

PEREIRA, A. B.; IENNERICH, P.; SOUTO, K. M.; ZAMBERLAM, J. F.; BORTOLOTTTO, R. P. Alternativas para o controle químico de capim-rabo-de-burro (*Andropogon bicornis*). **Weed Control Journal**, v. 21, p. 1-6, 2022. Disponível em: <https://doi.org/10.7824/wcj.2022;21:00744>. Acesso em: 26 maio 2025.

PIMENTA, P. C.; VIANA, D. B. L. S.; SILVA, M. N. **Caracterização de microhabitat e grau de conservação de veredas do IFTM, campus Uberaba-MG**. Uberaba: IFTM, 2017.

RESENDE, I. L. de M.; SANTOS, F. P. dos; CHAVES, L. J.; NASCIMENTO, J. L. do. Estrutura etária de populações de *Mauritia flexuosa* L. f. (Arecaceae) de veredas da região central de Goiás, Brasil. **Revista Árvore**, v. 36, n. 1, p. 103-112, 2012. Disponível em: <https://doi.org/10.1590/S0100-67622012000100012>. Acesso em: 26 maio 2025.

SALES, G. de B.; FRAZÃO, L. A.; FERNANDES, L. A.; OLIVEIRA, J. C. de; VELOSO, M. das D. M. Efeito da degradação sobre os atributos do solo em ecossistemas de veredas no cerrado de Minas Gerais. **Pesquisa Florestal Brasileira**, v. 43, p. 1-11, 2023. Disponível em: <https://doi.org/10.4336/2023.pfb.43e202102190>. Acesso em: 26 maio 2025.

# CAPÍTULO III

## TRANSFORMAÇÕES ESPACIAIS E TEMPORAIS NO ENTORNO DE ECOPONTOS URBANOS EM UBERABA-MG, UTILIZANDO CLASSIFICAÇÃO SUPERVISIONADA

DOI: 10.51859/ampla.aca007.1125-3

Guilherme Silva Castro <sup>1</sup>  
Magda Stella de Melo Martins <sup>2</sup>  
Renato Farias do Valle Junior <sup>3</sup>

<sup>1</sup> Estudante do Curso de Pós-Graduação lato sensu em Saneamento Ambiental, Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Triângulo Mineiro – campus Uberaba.

<sup>2</sup> Professora Dra. do Programa de Pós-Graduação lato sensu na área Ambiental, Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Triângulo Mineiro – campus Uberaba. magda@iftm.edu.br

<sup>3</sup> Professor Dr do Programa de Pós-Graduação lato sensu na área Ambiental, Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Triângulo Mineiro – campus Uberaba. renato@iftm.edu.br

### RESUMO

O descarte irregular de resíduos sólidos em áreas urbanas continua sendo um desafio crítico para a sustentabilidade ambiental, mesmo diante da implementação de instrumentos regulatórios e estruturas físicas como os ecopontos. Este estudo teve como objetivo analisar as transformações espaciais e temporais no uso e cobertura do solo no entorno de 11 ecopontos localizados em Uberaba-MG, entre os anos de 2023 e 2024, utilizando imagens Sentinel-2 processadas em ambiente Google Earth Engine (GEE). A metodologia incluiu a elaboração de um script automatizado e replicável, em linguagem JavaScript, responsável por executar a filtragem, classificação supervisionada via Random Forest e extração estatística de áreas ocupadas pelas classes vegetação, solo exposto, área construída, pavimentado e resíduo sólido visível. Os resultados revelaram estabilidade nas classes estruturalmente consolidadas, como vegetação e área construída, mas destacaram elevada variabilidade na classe de resíduos sólidos visíveis, que apresentou coeficiente de variação superior a 40% em ambos os anos. A permanência de oscilações acentuadas nessa categoria evidencia fragilidades na gestão operacional dos ecopontos e aponta para a necessidade de políticas públicas mais integradas e suportadas por sistemas de monitoramento contínuo. O modelo proposto demonstrou elevado potencial de replicação em outros contextos urbanos, oferecendo uma ferramenta técnica acessível e eficaz para diagnósticos territoriais e planejamento ambiental urbano orientado por evidências.

**Palavras-chave:** resíduos sólidos urbanos; sensoriamento remoto; ecopontos; Google Earth Engine; uso e cobertura do solo.

### 1. INTRODUÇÃO

Nas últimas décadas, o crescimento desordenado dos centros urbanos tem sido um dos principais vetores de pressão sobre os sistemas naturais. Esse avanço acelerado, geralmente dissociado de políticas de ordenamento territorial consistentes, resulta em transformações significativas nas paisagens urbanas, intensificando processos de degradação ambiental e comprometendo a qualidade de vida nas cidades. Entre os diversos impactos associados a essa expansão, destaca-se o descarte inadequado de resíduos sólidos urbanos (RSU), prática que se

manifesta com elevada frequência em áreas periféricas, baldias ou adjacentes a vias de circulação, comprometendo o uso sustentável do solo e gerando externalidades negativas para o ambiente urbano e para a saúde coletiva.

No Brasil, a promulgação da Lei nº 12.305/2010, que institui a Política Nacional de Resíduos Sólidos (PNRS), representou um avanço normativo importante ao estabelecer princípios e diretrizes para a gestão integrada e o gerenciamento ambientalmente adequado dos resíduos. Dentre os instrumentos previstos, destaca-se a implantação de pontos de entrega voluntária, popularmente denominados ecopontos, cuja finalidade é oferecer à população locais apropriados para o descarte de materiais recicláveis, resíduos da construção civil, eletrodomésticos e outros rejeitos, gerados em pequenos volumes no cotidiano. A proposta atende, principalmente, às necessidades de residências e pequenos geradores, promovendo o descarte correto e a redução do acúmulo irregular desses materiais no ambiente urbano. Em teoria, essas unidades deveriam contribuir para a redução dos focos de deposição irregular e para o aumento da taxa de reaproveitamento de resíduos. Entretanto, experiências práticas demonstram que a simples existência desses dispositivos não garante seu uso efetivo ou racional, sendo comum a formação de bolsões de descarte irregular nas imediações dos próprios ecopontos, especialmente na ausência de fiscalização, sinalização e ações educativas.

A eficácia dos ecopontos está fortemente associada a fatores como sua localização geográfica, articulação com a malha urbana e a forma como a população compreende sua finalidade. Estudos realizados em distintos contextos urbanos indicam que elementos como a proximidade com áreas habitadas, o nível de densidade populacional, a abrangência da coleta regular e a facilidade de acesso físico aos pontos de entrega voluntária exercem influência direta sobre os padrões de descarte de resíduos sólidos (Colvero et al., 2018; Cardoso et al., 2021). Além disso, observa-se que o entorno imediato dessas estruturas, especialmente em um raio de até 200 metros, é frequentemente utilizado para o despejo irregular de materiais, o que levanta dúvidas quanto à efetividade do modelo vigente e reforça a necessidade de investigações mais detalhadas sobre as dimensões espaciais e temporais que caracterizam tais práticas (Jakiel et al., 2019; Gonçalves et al., 2022).

No contexto urbano do município de Uberaba, Minas Gerais, a gestão dos resíduos sólidos urbanos apresenta entraves significativos tanto em termos estruturais quanto operacionais. De acordo com diagnóstico técnico elaborado pela empresa Mais Ambiente Engenharia e Consultoria (2023), o município dispõe atualmente de 11 ecopontos oficialmente implantados, além de diversos pontos mapeados como áreas sujeitas ao descarte irregular de entulhos e outros resíduos. Embora exista uma estrutura pública destinada ao gerenciamento

adequado desses materiais, ainda é recorrente a prática de deposição indevida, especialmente em áreas de entorno imediato a essas unidades. Pesquisas anteriores já evidenciaram a necessidade de ampliação substancial da rede de ecopontos estimando-se a demanda por aproximadamente 40 unidades com o objetivo de promover uma maior cobertura espacial e mitigar os impactos ambientais decorrentes da disposição inadequada dos resíduos (Jerônimo et al., 2019).

Nesse contexto, torna-se essencial investigar se a implantação dos ecopontos tem contribuído para o ordenamento do descarte ou, paradoxalmente, tem servido como polo de degradação ambiental nos seus arredores. A análise detalhada da faixa de 200 metros ao redor dessas estruturas pode fornecer subsídios para o replanejamento da política de resíduos, revelando zonas críticas de acumulação, alterações na ocupação do solo e padrões de uso incompatíveis com a função ambiental e social dos ecopontos.

Para tanto, o emprego de técnicas geoespaciais se mostra como uma estratégia promissora. O sensoriamento remoto, especialmente por meio de imagens de satélite com alta resolução temporal e espacial, oferece uma base consistente para o monitoramento da paisagem urbana ao longo do tempo. A plataforma Google Earth Engine (GEE), com seu poder de processamento em nuvem e ampla biblioteca de dados abertos, tem revolucionado o modo como dados ambientais são analisados, permitindo o cruzamento de informações temporais, espectrais e espaciais de maneira eficiente (Gorelick et al., 2017).

Aliado a essas ferramentas, o uso de algoritmos de aprendizado de máquina, como o Random Forest (RF), tem se consolidado como abordagem robusta para classificação e detecção de padrões em dados geoespaciais. Estudos recentes demonstram que o RF, quando aplicado a imagens Sentinel-2, é capaz de atingir altos níveis de acurácia na identificação de mudanças na cobertura do solo, detecção de resíduos sólidos e até monitoramento de impactos ambientais (Trevisan et al., 2021; Mangussi Filho et al., 2023; Cherif et al., 2024). A flexibilidade do algoritmo e sua capacidade de lidar com variáveis correlacionadas tornam-no particularmente útil para estudos em contextos urbanos complexos, onde múltiplos fatores interferem na paisagem.

Diante desse panorama, a presente pesquisa tem por objetivo central caracterizar os impactos espaciais e temporais da urbanização e do descarte irregular de resíduos sólidos no entorno dos ecopontos de Uberaba-MG, no período compreendido entre 2023 e 2024. A possibilidade de aplicar classificações supervisionadas em séries temporais de imagens, como as do satélite Sentinel-2, permite não apenas identificar padrões de uso e cobertura do solo, mas também quantificar e monitorar com alto grau de precisão a dinâmica espacial de áreas

críticas, como os entornos de ecopontos. Além disso, a automatização desses processos por meio de scripts desenvolvidos em GEE facilita a padronização metodológica e amplia o potencial de replicabilidade em diferentes contextos geográficos.

A análise baseou-se na classificação supervisionada de imagens Sentinel-2, com extração mensal das áreas correspondentes às classes vegetação, solo exposto, área construída, pavimentado e resíduo sólido visível. Além disso, como um dos objetivos centrais, elaborou-se um script inédito em GEE, estruturado em linguagem JavaScript, que automatiza as etapas de processamento, classificação e geração de produtos cartográficos e estatísticos.

Esse script visa favorecer a replicabilidade do modelo, de modo que outras instituições e pesquisadores possam aplicá-lo em diferentes municípios com características semelhantes.

A partir desses objetivos, o estudo parte das seguintes hipóteses: (i) a classe resíduo sólido visível apresenta elevada variabilidade mensal, refletindo oscilações operacionais na coleta e descarte; (ii) as classes vegetação e área construída são estruturalmente estáveis ao longo do tempo, com baixa variância interanual; (iii) a classe solo exposto tende a apresentar redução entre os anos avaliados, como reflexo de intervenções urbanas e melhorias na cobertura superficial; e (iv) o script desenvolvido em GEE permite a reprodução confiável da metodologia, com potencial de uso em análises comparativas e em programas de monitoramento urbano contínuo.

Com isso, o presente estudo busca contribuir não apenas para o diagnóstico do uso do solo nos entornos dos ecopontos de Uberaba, mas também para o fortalecimento de metodologias geoespaciais aplicadas à gestão ambiental urbana. A disponibilização pública de ferramentas automatizadas, aliada à análise temporal de indicadores espaciais, representa um avanço significativo no apoio técnico à formulação de políticas públicas sustentáveis e orientadas por evidências.

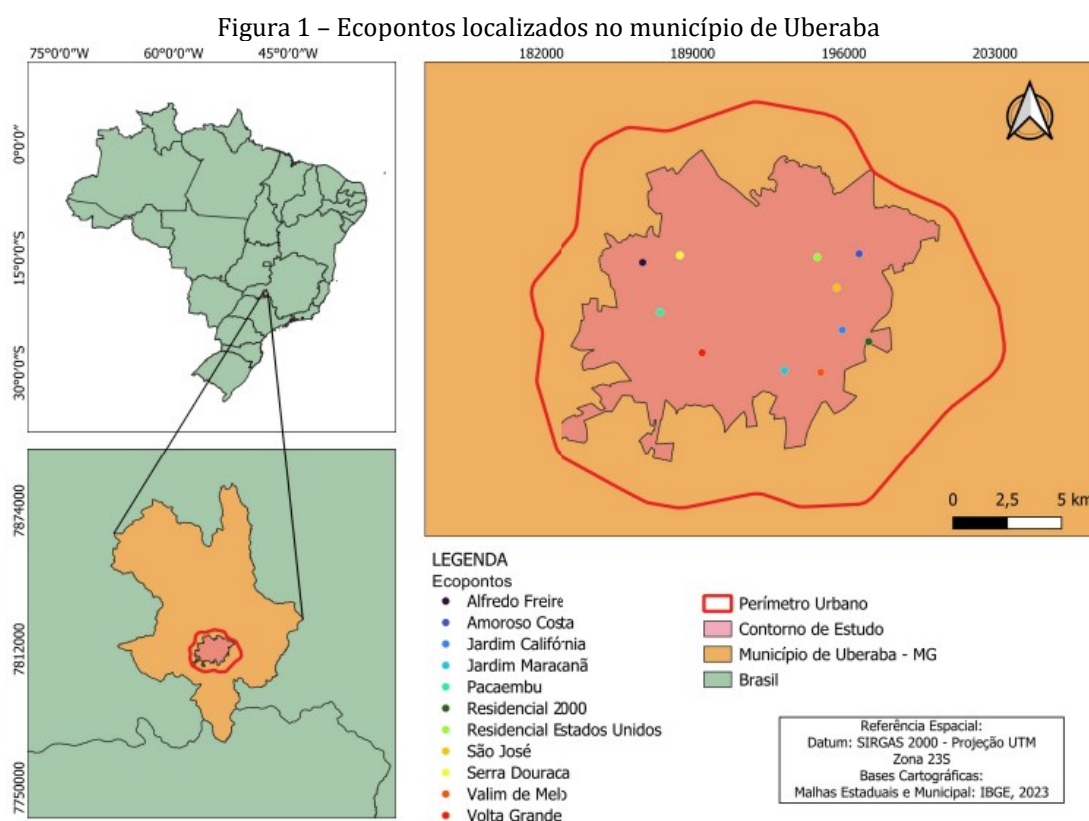
## **2. METODOLOGIA**

### **2.1. Área de Estudo**

O presente estudo foi desenvolvido no município de Uberaba, situado na mesorregião do Triângulo Mineiro, estado de Minas Gerais, Brasil. A área de investigação abrange os 11 ecopontos oficialmente reconhecidos e georreferenciados conforme o Levantamento Gravimétrico dos Resíduos da Construção Civil realizado pela consultoria técnica Mais Ambiente Engenharia e Consultoria Ltda. (2023). Esses ecopontos representam unidades operacionais implantadas pelo poder público municipal para o recebimento voluntário de

resíduos sólidos urbanos, com ênfase nos resíduos recicláveis secos e resíduos da construção civil (Figura 1).

Para fins de análise espacial e ambiental, foi estabelecida uma zona de influência de 200 metros ao redor de cada ecoponto, considerada como a unidade espacial primária de avaliação. Essa delimitação foi adotada com base em estudos precedentes que indicam que distâncias de até 200 metros são representativas para a detecção de alterações ambientais e impactos diretos relacionados ao descarte inadequado de resíduos sólidos, à expansão urbana desordenada e à pressão antrópica em ambientes urbanos periféricos (Jakiel et al., 2019).



A escolha dessa escala de análise também se justifica pela capacidade de detectar modificações na cobertura e uso do solo que resultem da presença de resíduos dispostos de maneira irregular, bem como pelo potencial de identificar padrões de ocupação que extrapolam os limites dos ecopontos. O delineamento das zonas circulares de influência será realizado por meio de técnicas de geoprocessamento, utilizando ferramentas de buffer em ambiente SIG, assegurando precisão espacial nas análises subsequentes.

## 2.2. Procedimentos Metodológicos

A metodologia adotada neste estudo contempla a integração de técnicas de sensoriamento remoto, processamento digital de imagens e análise espacial multitemporal,

com o objetivo de monitorar e caracterizar os impactos ambientais relacionados à deposição irregular de resíduos sólidos no entorno de ecopontos urbanos. As etapas metodológicas estão descritas a seguir:

### **2.2.1. Aquisição e Pré-processamento das Imagens Orbitais**

Foram selecionadas imagens provenientes do sensor óptico MSI (MultiSpectral Instrument), embarcado nos satélites Sentinel-2A, pertencentes ao programa europeu Copernicus. Optou-se por esse sensor devido à sua alta resolução espacial (10 metros nas bandas visíveis e infravermelho próximo), ampla cobertura espectral e revisita de 5 dias, características ideais para o monitoramento ambiental urbano.

As imagens foram obtidas por meio da plataforma Google Earth Engine (GEE), utilizando filtros de nuvem inferiores a 10% e restrição ao período entre janeiro de 2023 e dezembro de 2025, com resolução temporal mensal. O sistema de referência adotado foi o SIRGAS 2000, UTM, zona 23S, compatível com os dados vetoriais utilizados no estudo.

### **2.2.2. Delimitação das Áreas de Análise**

Com base na localização dos 11 ecopontos identificados no relatório técnico da Mais Ambiente (2023), foram geradas zonas circulares de 200 metros de raio ao redor de cada ponto. Esses buffers representam as áreas de influência imediata dos ecopontos e foram obtidos no ambiente GEE utilizando funções geométricas aplicadas a coleções vetoriais. A partir dessas zonas, as imagens foram recortadas (clipping) para garantir a análise específica da área-alvo e reduzir interferências externas.

### **2.2.3. Classificação Supervisionada e Validação**

A metodologia de classificação supervisionada foi desenvolvida por meio da plataforma Google Earth Engine (GEE), utilizando um script automatizado em linguagem JavaScript. O código-fonte responsável por operacionalizar todas as etapas do fluxo de trabalho pode ser acessado em: <https://code.earthengine.google.com/aad690ed9f9f594f632e96aef5f19e92>. Estruturado de forma lógica e sequencial, o script abrange desde a aquisição e pré-processamento das imagens orbitais até a exportação dos produtos gerados em formato raster (GeoTIFF) e tabular (CSV), conforme ilustrado nas Figuras 2 e 3. Inicialmente, foi realizada a importação de um arquivo vetorial contendo a localização georreferenciada de 11 ecopontos situados no município de Uberaba, Minas Gerais. A partir desses pontos, foram criadas zonas de influência com raio de 200 metros, utilizando a operação de buffer, as quais passaram a constituir as unidades espaciais de análise em todas as etapas do processamento subsequente.

As imagens utilizadas no estudo foram obtidas a partir da coleção “COPERNICUS/S2\_SR”, correspondente aos produtos Sentinel-2 com correção atmosférica (Surface Reflectance). O recorte temporal abrangeu o período de janeiro a dezembro dos anos de 2023 e 2024, sendo as imagens selecionadas com base em dois critérios: interseção espacial com os buffers dos ecopontos e cobertura de nuvens inferior a 10%, conforme o metadado CLOUDY\_PIXEL\_PERCENTAGE. Para garantir a integridade espectral das composições, aplicou-se uma máscara baseada na banda SCL (Scene Classification Layer), que elimina automaticamente pixels associados a sombras, nuvens densas, cirros e saturação espectral.

Após o processo de filtragem e mascaramento, cada imagem foi submetida ao cálculo de quatro índices espectrais amplamente empregados em estudos de uso e cobertura da terra: NDVI (Normalized Difference Vegetation Index), EVI (Enhanced Vegetation Index), BSI (Bare Soil Index) e NDBI (Normalized Difference Built-up Index). Esses índices foram integrados às bandas espectrais originais das imagens, compondo composições mensais representativas geradas por meio da função ``median()``, com o objetivo de minimizar interferências atmosféricas residuais e garantir homogeneidade dos dados para a etapa de classificação.

As amostras de treinamento foram previamente organizadas em um shapefile contendo pontos georreferenciados rotulados de acordo com cinco classes temáticas: vegetação, solo exposto, área construída, resíduos sólidos visíveis e pavimento. Para cada mês analisado, as bandas espectrais e os índices derivados foram utilizados para extrair assinaturas espectrais compatíveis com as classes de treinamento. A classificação supervisionada foi conduzida com base no algoritmo Random Forest, donde esse algoritmo foi selecionado devido à sua reconhecida robustez, elevada precisão e capacidade de generalização em ambientes urbanos complexos.

Como resultado, foram produzidos mapas temáticos mensais de uso e cobertura da terra para as áreas de entorno de cada ecoponto. Em paralelo, a função ``pixelArea()`` foi empregada para estimar a área ocupada por cada classe temática em hectares. Os valores foram agregados mensalmente e organizados em tabelas contendo os campos “classe”, “área\_ha” e “mês”, exportadas posteriormente em formato CSV. Essas tabelas viabilizam análises quantitativas e multitemporais sobre a dinâmica de ocupação urbana e descarte irregular de resíduos sólidos.

A etapa de validação da classificação constitui uma fase essencial para a verificação da qualidade dos produtos gerados. Para tal, foi realizada uma validação cruzada, com separação das amostras em dois subconjuntos: 70% para treinamento e 30% para teste. A divisão foi realizada com base em amostragem aleatória estratificada, utilizando a função ``randomColumn()``, garantindo independência entre os conjuntos de treino e teste. O modelo

Random Forest, treinado com as amostras de treino, foi aplicado sobre o conjunto de teste, permitindo a comparação entre os rótulos previstos pelo classificador e os valores reais de referência.

A análise da acurácia dos mapas classificados foi realizada por meio da matriz de confusão, gerada diretamente no console da plataforma Google Earth Engine (GEE). Essa matriz possibilita confrontar os rótulos atribuídos pelo algoritmo de classificação com os dados de referência previamente validados em campo, sendo considerada uma das abordagens mais eficazes para verificar a fidelidade temática de produtos cartográficos (Brito, 2008).

Com base nesta matriz, foram extraídas as principais métricas estatísticas de desempenho da classificação. A acurácia global (Overall Accuracy – OA [Eq. (1)]) representa a proporção de amostras corretamente classificadas em relação ao total avaliado. O coeficiente Kappa foi também utilizado para complementar essa avaliação, pois ajusta a acurácia observada levando em consideração os acertos que poderiam ocorrer ao acaso. Valores superiores a 0,80 foram considerados indicativos de elevada confiabilidade na classificação.

Para uma análise mais refinada das classes temáticas, foram calculadas a acurácia do produtor (Producer's Accuracy – PA [Eq. (2)]) e a acurácia do usuário ou consumidor (User's Accuracy – UA [Eq. (3)]). A PA quantifica a proporção de pixels que pertencem a uma classe de referência e foram corretamente identificados como tal pelo classificador, sendo diretamente relacionada aos erros de omissão. Já a UA expressa a proporção de pixels classificados corretamente dentro de uma determinada classe em relação ao total de elementos atribuídos a ela, refletindo a probabilidade de um pixel mapeado realmente corresponder àquela classe no campo.

$$OA = \frac{TP \times TN}{TP + TN + FP + FN} \quad (\text{Eq.1})$$

$$PA = \frac{TP}{TP + FN} \quad (\text{Eq.2})$$

$$UA = \frac{TP}{TP + FP} \quad (\text{Eq.3})$$

Onde: TP = Verdadeiros Positivos, FN = Falsos Negativos, TN = Verdadeiros Negativos, FP = Falsos Positivos, OA = Precisão Geral, PA = Precisão do Produtor, UA = Precisão do Usuário.

Todas as etapas de validação seguiram os princípios metodológicos estabelecidos por Congalton (1991), um marco na avaliação de acurácia em sensoriamento remoto, e foram complementadas pelas orientações de Olofsson et al. (2014), que ressaltam a importância de

empregar amostragem estratificada, considerar a incerteza associada aos dados e aplicar ajustes na estimativa das áreas.

Espera-se que a aplicação da abordagem metodológica adotada neste estudo permita evidenciar variações temporais e sazonais nos padrões de ocupação urbana e nas práticas de descarte irregular de resíduos sólidos no entorno dos ecopontos.

A análise dos resultados será complementada com comparações multitemporais entre os anos de 2023 e 2024, com o objetivo de identificar tendências recorrentes de degradação ambiental e alterações nos padrões de uso e cobertura do solo.

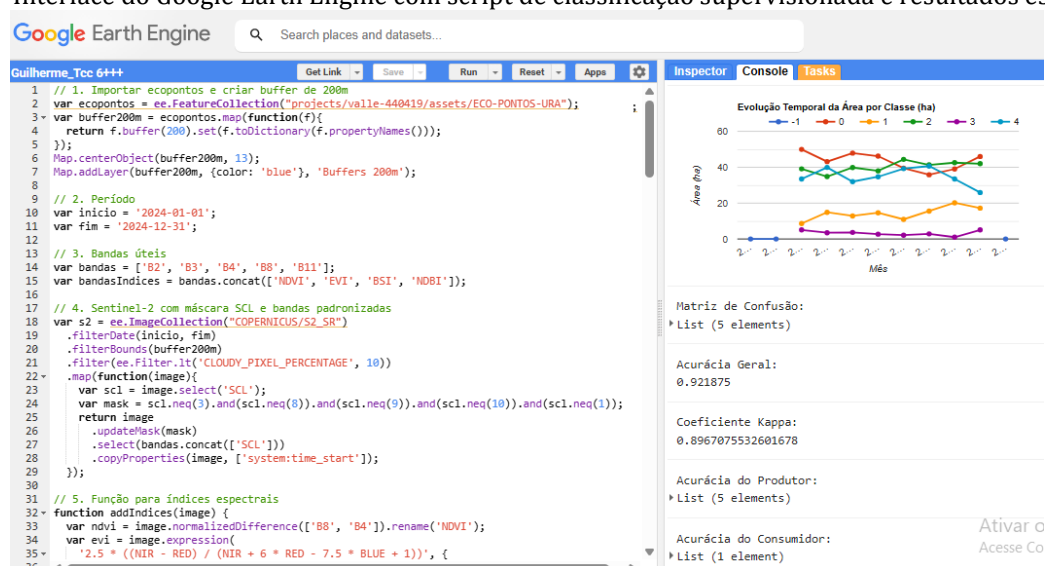
Figura 2 – Fluxograma do processo de classificação supervisionada e validação da cobertura do solo utilizando imagens Sentinel-2 na plataforma Google Earth Engine.



O diagrama acima ilustra as etapas do processamento automatizado, incluindo a importação de dados vetoriais dos ecopontos, geração de buffers, filtragem espectral e temporal das imagens, cálculo de índices espectrais (NDVI, EVI, BSI e NDBI), composição mensal, definição de amostras de treinamento, classificação com o algoritmo Random Forest e exportação dos produtos.

A imagem acima exibe a interface do GEE durante a execução do script em linguagem JavaScript utilizado para classificação do uso e ocupação do solo com base em imagens Sentinel-2. À esquerda, observa-se o código estruturado em módulos: importação de dados vetoriais dos ecopontos, filtragem das imagens orbitais, cálculo de índices espectrais e preparação para classificação Random Forest. À direita, no painel “Console”, são apresentados os resultados gerados, incluindo o gráfico de evolução temporal da área por classe temática (em hectares), a matriz de confusão, acurácia geral (0,921875), coeficiente Kappa (0,8967), e as listas com acurácias do produtor e do consumidor.

Figura 3 – Interface do Google Earth Engine com script de classificação supervisionada e resultados estatísticos.



### 3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

A análise multitemporal das classes de uso e cobertura do solo nos 11 ecopontos urbanos do município de Uberaba-MG, nos períodos de março a novembro de 2023 e março a outubro de 2024, permitiu identificar padrões espaciais consistentes e variações mensais relevantes em cinco categorias temáticas: vegetação, solo exposto, área construída, resíduo sólido visível e pavimentado. As áreas foram mapeadas com base em classificação supervisionada de imagens Sentinel-2 e avaliadas por meio de estatística descritiva (média, desvio padrão e coeficiente de variação), conforme ilustrado nas Figuras 5 a 7.

Figura 5. Evolução mensal das áreas ocupadas por classes no entorno de 200m de 11 ecopontos em Uberaba – MG no ano de 2023.

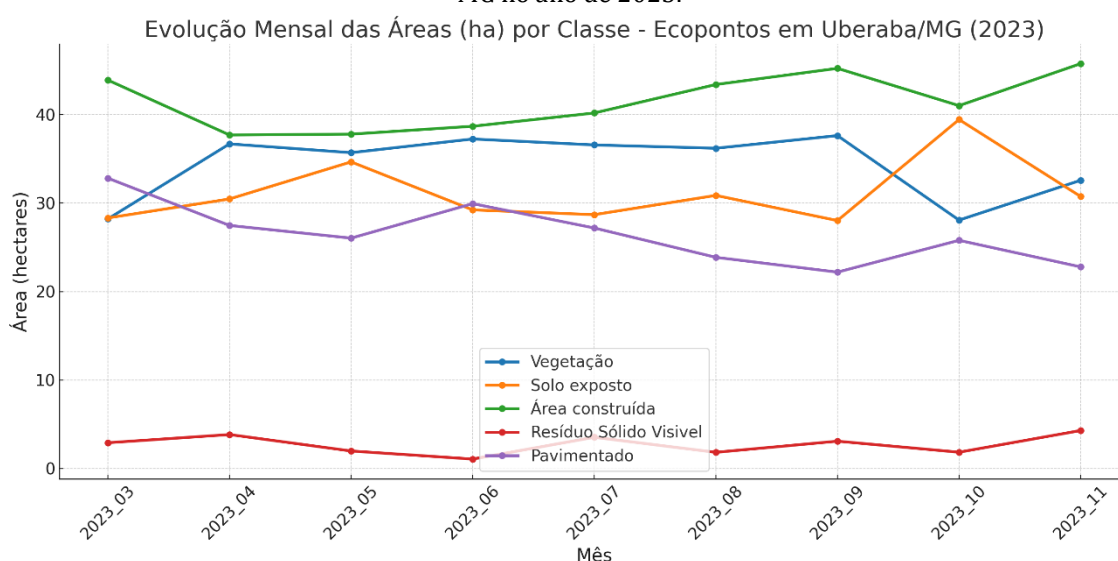


Figura 6. Média da área por classe com erro padrão para o ano de 2023  
Média da Área por Classe com Erro Padrão - Ecopontos em Uberaba/MG (2023)

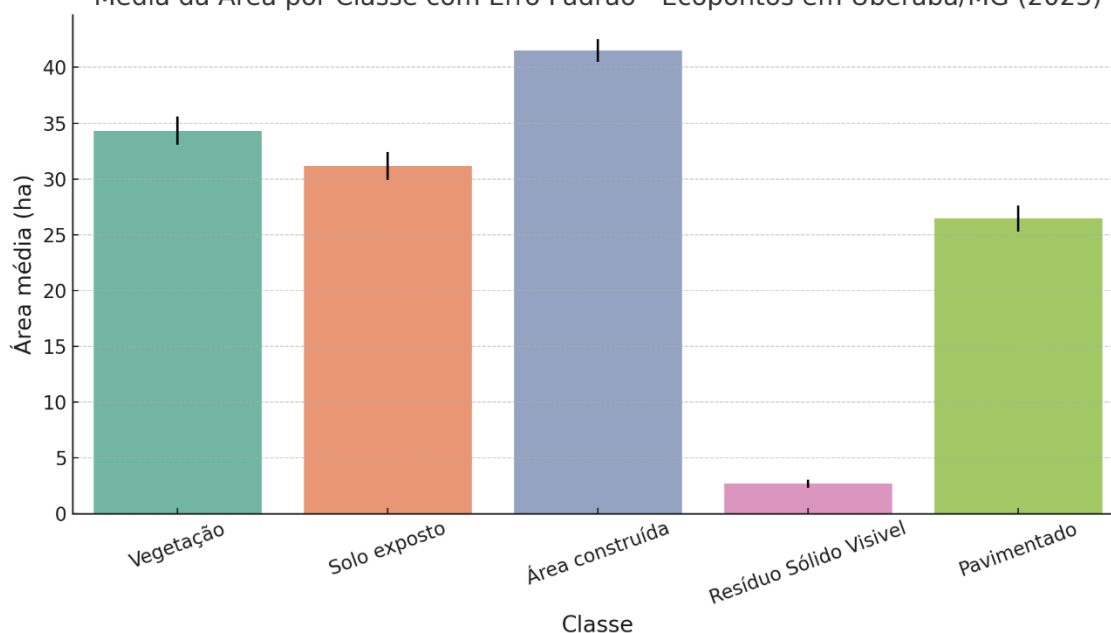
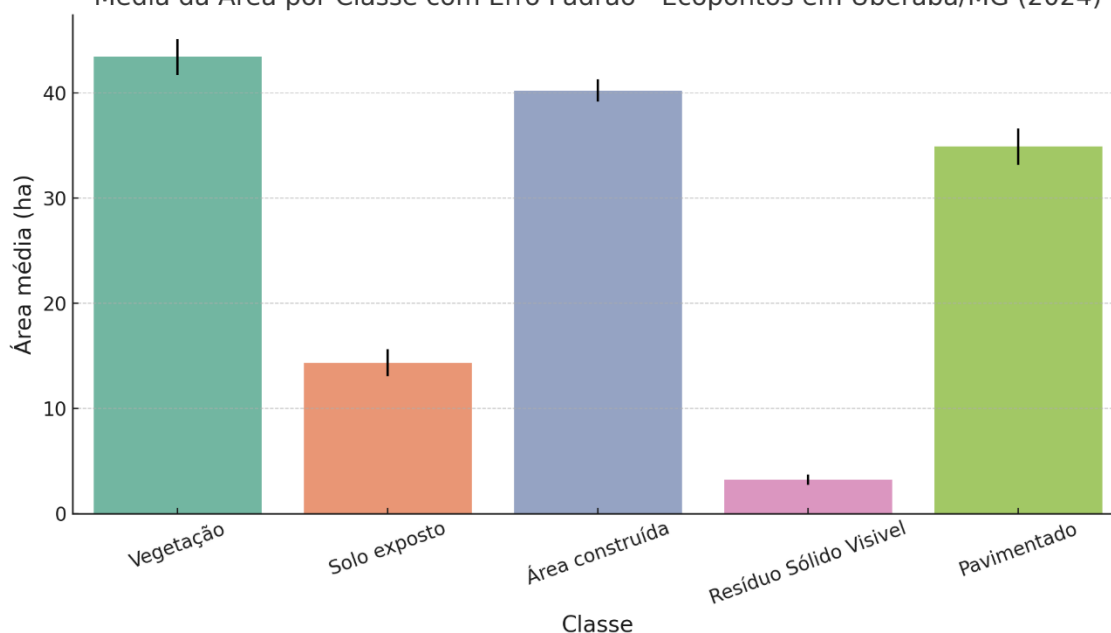


Figura 7. Média da área por classe com erro padrão – Ecopontos urbanos de Uberaba-MG (2024).  
Média da Área por Classe com Erro Padrão - Ecopontos em Uberaba/MG (2024)



Conforme mostra a Figura 5, apresenta-se a evolução mensal das áreas por classe no ano de 2023, a classe “área construída” destacou-se pela maior ocupação espacial, com média anual de 41,96 hectares, desvio padrão de 3,15 ha e um coeficiente de variação (CV) de apenas 7,60%. Essa estabilidade reflete a natureza permanente das edificações, estruturas operacionais e superfícies construídas nos ecopontos e seu entorno. Resultado similar foi observado em 2024, com uma média de 40,24 ha (DP = 3,18 ha; CV = 7,91%), confirmando a consistência estrutural dessa classe. Estudos anteriores já evidenciaram que áreas urbanas consolidadas como

Campina Grande tendem a apresentar baixa variação temporal na classe área construída, e permaneceram praticamente inalterados por décadas, levando à retenção especulativa de terras e à redução da densidade urbana em áreas centrais (Santos et al., 2017).

A classe “vegetação”, representada na Figura 5, apresentou uma média de 33,77 hectares no ano de 2023, com desvio-padrão de 3,79 hectares e coeficiente de variação de 11,04%. Em 2024, essa média aumentou para 43,68 hectares (DP = 4,41 ha; CV = 10,10%), conforme ilustrado na Figura 7. O acréscimo de aproximadamente 29,4% nessa cobertura pode estar relacionado à expansão de áreas verdes planejadas, à revegetação natural de espaços anteriormente degradados ou à redução de deposição irregular de resíduos em zonas com presença de vegetação.

Esse aumento indica um avanço positivo no contexto ambiental urbano, refletindo diretamente na mitigação das ilhas de calor, com consequente redução das temperaturas do ar e da superfície, elevação da umidade relativa e melhoria na circulação dos ventos (Shams et al., 2009). Além disso, a ampliação da cobertura vegetal urbana contribui para a melhoria da qualidade do ar, regulação hídrica, facilitação da mobilidade ativa e conforto térmico nos espaços públicos (Corrêa, 2015). Tais benefícios favorecem a estabilidade microclimática e a valorização do uso social e funcional do ambiente urbano (Bordim et al., 2022).

A classe “solo exposto” apresentou comportamento inverso ao da vegetação, evidenciando uma tendência de redução entre os anos analisados. Em 2023, a média da área ocupada por essa classe foi de 31,72 hectares (DP = 3,70 ha; CV = 11,86%), diminuindo significativamente para 14,72 hectares em 2024 (DP = 3,74 ha; CV = 25,41%), conforme apresentado nas Figuras 5 e 7. A redução de aproximadamente 53,6% sugere avanços em cobertura superficial, seja por meio de processos de pavimentação, revegetação espontânea ou ações voltadas ao controle de áreas degradadas no entorno dos ecopontos.

Apesar da redução expressiva em termos absolutos, o aumento no coeficiente de variação indica que a classe “solo exposto” manteve-se vulnerável a oscilações locais e temporais. Essas flutuações podem estar associadas a distúrbios pontuais, como movimentações de terra, obras civis, intervenções operacionais ou mesmo a cobertura sazonal e descontínua por resíduos sólidos depositados de forma irregular. Estudos prévios destacam que a distinção espectral entre solo exposto e outras superfícies urbanas, especialmente em contextos antropizados, pode apresentar desafios classificatórios, uma vez que características espectrais semelhantes entre alvos distintos podem resultar em sobreposição de classes ou em erros de classificação (Pereira; Tavares Júnior, 2017).

A classe “pavimentado” também variou consideravelmente entre os anos. Em 2023, a média foi de 26,39 ha (DP = 3,41 ha; CV = 12,89%), enquanto em 2024 aumentou para 34,15 ha (DP = 5,27 ha; CV = 15,43%), como observado nas Figuras 6 e 7. Tal incremento pode refletir a ampliação de áreas impermeáveis ou a interferência espectral de resíduos e sombras sobre superfícies pavimentadas, especialmente em contextos operacionais intensos.

A classe “resíduo sólido visível” foi, nos dois anos, a mais instável. Em 2023, apresentou média de 2,93 ha (DP = 1,08 ha; CV = 40,05%), enquanto em 2024 subiu para 3,62 ha (DP = 1,54 ha; CV = 42,52%), conforme evidenciado nas Figuras 6 e 7. Essa oscilação pode ser explicada pela sazonalidade das atividades urbanas, variações na frequência da coleta e presença intermitente de resíduos nos ecopontos. Segundo Jerônimo et al. (2019), os volumes de resíduos nos ecopontos de Uberaba variam significativamente em razão de reformas, obras e campanhas de limpeza.

A Figura 8 apresenta o comparativo entre os anos de 2023 e 2024, revelando que as maiores diferenças ocorreram nas classes vegetação (+29,4%) e solo exposto (-53,6%). Enquanto a área construída permaneceu praticamente estável, o pavimento aumentou e os resíduos sólidos visíveis mantiveram-se como o principal indicador de instabilidade urbana.

Figura 8. Comparativo entre os anos de 2023 e 2024.

| Classe                 | Média_2023 | Desvio_2023 | CV_2023 (%) | Média_2024 | Desvio_2024 | CV_2024 (%) |
|------------------------|------------|-------------|-------------|------------|-------------|-------------|
| Vegetação              | 33.77      | 3.79        | 11.04       | 43.68      | 4.41        | 10.1        |
| Solo exposto           | 31.72      | 3.7         | 11.86       | 14.72      | 3.74        | 25.41       |
| Área construída        | 41.96      | 3.15        | 7.6         | 40.24      | 3.18        | 7.91        |
| Resíduo Sólido Visível | 2.93       | 1.08        | 40.05       | 3.62       | 1.54        | 42.52       |
| Pavimentado            | 26.39      | 3.41        | 12.89       | 34.15      | 5.27        | 15.43       |

Do ponto de vista ambiental e técnico, os resultados permitem segmentar as classes mapeadas em dois grupos funcionais. De um lado, as classes estruturais e estáveis vegetação, área construída e pavimento caracterizam-se por baixa variabilidade, representando elementos permanentes e consolidados da infraestrutura urbana. De outro, as classes dinâmicas e sensíveis solo exposto e resíduos sólidos visíveis apresentaram maiores flutuações temporais e refletem diretamente as intervenções humanas, práticas de descarte e eficiência operacional dos serviços públicos.

Os resultados obtidos reforçam a necessidade de se compreender os ecopontos não apenas como estruturas físicas destinadas à recepção seletiva de resíduos sólidos urbanos, mas como elementos estratégicos no contexto do monitoramento e da governança territorial urbana. A Lei nº 12.305/2010, que institui a Política Nacional de Resíduos Sólidos, estabelece

que os ecopontos devem atuar como instrumentos de controle ambiental, logística reversa e apoio à gestão integrada dos resíduos, indo além de sua função operacional.

A efetividade dos ecopontos está diretamente associada à sua articulação com ações de educação ambiental e sensibilização comunitária, capazes de promover mudanças de comportamento e fortalecer a cultura da sustentabilidade urbana (Moreira; Ramos, 2023; Zambelli et al., 2023). Contudo, permanecem desafios estruturais e operacionais, entre os quais se destacam o descarte irregular de resíduos nas imediações dessas unidades e as barreiras relacionadas à acessibilidade física e logística para os usuários (Gonçalves et al., 2022).

Outro ponto crítico refere-se à inclusão socioeconômica dos catadores de materiais recicláveis, cuja participação no sistema de coleta seletiva é essencial para a efetividade da cadeia da reciclagem. A superação desse entrave requer ações intersetoriais articuladas entre os diferentes níveis de governo e o fortalecimento das cooperativas por meio de políticas públicas inclusivas e suporte institucional adequado (Galdino et al., 2024).

A persistência de coeficientes de variação superiores a 40% na classe “resíduos visíveis” nos dois anos analisados indica a existência de oscilações expressivas e descontinuidade na ocupação e uso do solo nessas áreas, evidenciando a urgência de intervenções estruturais, requalificação espacial e revisão de diretrizes operacionais.

Nesse cenário, destaca-se o potencial do uso integrado de séries temporais de imagens de sensoriamento remoto e algoritmos de classificação supervisionada como ferramentas robustas de apoio à gestão territorial. A abordagem metodológica empregada neste estudo que combina dados geoespaciais multitemporais e análises estatísticas descritivas demonstrou ser eficaz na identificação de padrões de degradação urbana e deposição irregular de resíduos. Tais ferramentas oferecem subsídios técnicos fundamentais para o desenvolvimento de políticas públicas orientadas por evidências, contribuindo para a construção de cidades mais sustentáveis, resilientes e ambientalmente eficientes.

### **3.1. Acurácia dos Mapas Classificados**

A avaliação da qualidade das classificações obtidas por meio do algoritmo Random Forest na plataforma Google Earth Engine (GEE) foi conduzida com base em métricas amplamente reconhecidas na literatura científica de sensoriamento remoto: a acurácia geral, o coeficiente Kappa, a acurácia do produtor e a acurácia do consumidor. Esses indicadores são fundamentais para validar a confiabilidade dos mapas temáticos gerados e a robustez do modelo de classificação adotado.

A acurácia geral (Overall Accuracy) corresponde à proporção de amostras corretamente classificadas em relação ao total de amostras avaliadas. Trata-se de uma medida direta da precisão global do classificador. Já o coeficiente Kappa ( $\kappa$ ) é uma métrica estatística que quantifica o grau de concordância entre os dados classificados e os dados de referência, ajustando a acurácia geral para o acaso. Valores de Kappa acima de 0,80 indicam excelente concordância, conforme os critérios estabelecidos por Congalton (1991).

A acurácia do produtor (Producer's Accuracy) reflete a probabilidade de uma determinada classe do uso e cobertura da terra ser corretamente identificada pelo classificador, a partir da perspectiva de quem “produz” o mapa. Essa métrica avalia a omissão de classes, donde quanto menor seu valor, maior a chance de uma classe não ter sido detectada. Por outro lado, a acurácia do consumidor (User's Accuracy) expressa a confiabilidade de que os pixels classificados em uma determinada categoria realmente pertencem àquela classe no terreno, indicando a comissão de erros, ou seja, o grau de falsos positivos atribuídos à classe.

No ano de 2023, a acurácia geral foi de 0,8593, com um coeficiente Kappa de 0,8150, valores que refletem um excelente desempenho do modelo de classificação, com concordância substancial entre o mapa gerado e os dados reais. A análise das acurácias específicas revelou elevado desempenho para a Classe 0 (Vegetação), com acurácia do produtor de 0,9166 e acurácia do consumidor próxima de 1, evidenciando alta precisão na detecção de áreas vegetadas. A Classe 1 (Solo exposto) apresentou desempenho igualmente confiável (0,9 para ambas as métricas), enquanto a Classe 2 (Área construída) obteve acurácias ligeiramente inferiores, porém ainda satisfatórias (0,8235 para o produtor e 0,82 para o consumidor). Entretanto, a Classe 3 (Resíduo sólido visível) apresentou desempenho limitado em 2023, com acurácia do produtor de 0,50 e do consumidor de apenas 0,40, sugerindo uma alta taxa de omissão e comissão. Essa limitação pode estar relacionada à baixa representatividade da classe nas amostras de treinamento, à heterogeneidade espectral dos resíduos ou à confusão com feições similares, como solo exposto. A Classe 4 (Área pavimentada), por sua vez, apresentou resultados consistentes (0,9047 para ambas as métricas), demonstrando que o modelo foi eficiente na discriminação de superfícies pavimentadas.

No ano de 2024, observou-se um aprimoramento significativo nos resultados, com a acurácia geral aumentando para 0,9218 e o coeficiente Kappa alcançando 0,8967, indicadores que reforçam a robustez do modelo e a qualidade dos dados utilizados. A principal evolução ocorreu na Classe 3 (Resíduo sólido visível), que passou a apresentar acurácias próximas de 1 para produtor e consumidor, evidenciando o sucesso de ajustes metodológicos, como a ampliação do número de amostras representativas. A Classe 0 (Vegetação) manteve alto

desempenho (produtor próximo de 1; consumidor = 0,8571), enquanto a Classe 1 (Solo exposto) apresentou acurácia do consumidor próximo a 1 e produtor de 0,8, o que ainda representa um desempenho confiável, embora com leve tendência à omissão. A Classe 2 (Área construída) superou os resultados do ano anterior, com produtor = 0,8823 e consumidor = 0,9375, e a Classe 4 (Área pavimentada) manteve seu desempenho elevado, com acurácia do produtor de 0,9523 e do consumidor de 0,9090.

Os resultados obtidos demonstram a efetividade da metodologia implementada, a qual integra a utilização de bandas espectrais do Sentinel-2, índices espectrais (NDVI, EVI, BSI e NDBI), buffers de 200 metros ao redor dos ecopontos urbanos e validação cruzada entre treino e teste. Tais procedimentos garantem a reprodutibilidade e a confiança científica nos mapas gerados para fins de planejamento e monitoramento ambiental urbano.

#### 4. CONCLUSÕES

A investigação realizada possibilitou uma análise detalhada das transformações espaciais e temporais no entorno de ecopontos urbanos em Uberaba-MG, com base em imagens orbitais e em uma rotina de processamento automatizado implementada na plataforma Google Earth Engine (GEE). A abordagem adotada, fundamentada em classificações supervisionadas aplicadas às imagens Sentinel-2 e no uso de métricas estatísticas mensais, revelou contrastes expressivos entre as diferentes categorias de uso e cobertura do solo, sendo especialmente notável a elevada oscilação da classe “resíduo sólido visível”, que apresentou coeficientes de variação superiores a 40% nos dois anos avaliados.

Verificou-se que as categorias “área construída” e “vegetação” mantiveram comportamento estável ao longo do período estudado, refletindo a constância de elementos estruturais e ambientais consolidados. Em contrapartida, as flutuações observadas nas classes “solo exposto” e “pavimentado” indicam a influência de ações antrópicas pontuais e modificações na superfície urbana, resultantes de obras, movimentação de resíduos ou alterações não permanentes no uso do solo. O crescimento da média da classe pavimentada e a permanência da variabilidade nos resíduos visíveis sugerem limitações na efetividade dos ecopontos enquanto instrumentos de controle territorial.

O diferencial desta pesquisa reside no desenvolvimento de um script automatizado e de uso livre, codificado em ambiente GEE, que permitiu padronizar e acelerar as etapas de análise espacial, desde o pré-processamento das imagens até a geração de produtos cartográficos e estatísticos. Essa solução técnica se mostrou altamente eficiente, tanto pela reprodutibilidade dos resultados quanto pela facilidade de adaptação a diferentes realidades territoriais,

oferecendo aos gestores públicos e pesquisadores uma ferramenta operacional de alto valor estratégico.

Dessa forma, recomenda-se a adoção de sistemas contínuos de monitoramento geoespacial para subsidiar o planejamento urbano e orientar intervenções preventivas, priorizando zonas de maior vulnerabilidade identificadas por análises técnicas baseadas em dados objetivos.

Conclui-se, portanto, que a metodologia desenvolvida apresenta não apenas viabilidade técnica e precisão analítica, mas também grande potencial de replicação em nível regional e nacional. Ao integrar sensoriamento remoto, estatística espacial e automação em plataforma de acesso aberto, este estudo oferece uma base consistente para aprimorar a governança ambiental urbana e fortalecer a formulação de políticas públicas orientadas por evidências, voltadas à construção de cidades mais sustentáveis, resilientes e inteligentes.

## REFERÊNCIAS

BORDIM, M. H. S.; LONGO, R. M.; BORDIM, B. S. Urban environmental sustainability: analysis of the influence of vegetation in environmental parameters. **Revista de Gestão Ambiental e Sustentabilidade**, v. 11, p. 1-23, 2022. Disponível em: <https://doi.org/10.5585/geas.v11i1.19447>. Acesso em: 26 maio 2025.

BRITO, A. de. **Acurácia e precisão do mapeamento da flora nativa e dos reflorestamentos de Minas Gerais**. 2008. 110 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Florestal) - Universidade Federal de Lavras, Lavras, 2008. Disponível em: <http://repositorio.ufla.br/jspui/handle/1/2273>. Acesso em: 26 maio 2025.

CARDOSO, M. C. et al. Anthropogenic actions and socioenvironmental changes in Lake of Juá, Brazilian Amazonia. **Sustainability**, v. 13, n. 16, p. 9134, 2021. Disponível em: <https://doi.org/10.3390/su13169134>. Acesso em: 26 maio 2025.

CONGALTON, R. G. A review of assessing the accuracy of classifications of remotely sensed data. **Remote Sensing of Environment**, v. 37, n. 1, p. 35-46, 1991. Disponível em: [https://doi.org/10.1016/0034-4257\(91\)90048-B](https://doi.org/10.1016/0034-4257(91)90048-B). Acesso em: 26 maio 2025.

CORRÊA, R. S. Reabilitação ambiental: a vegetação além do paisagismo. **Paranoá: Cadernos de Arquitetura e Urbanismo**, n. 14, p. 43-50, 2015. Disponível em: <https://doi.org/10.18830/issn.1679-0944.n14.2015.16930>. Acesso em: 26 maio 2025.

CHERIF, E. K. et al. Predicting fractional shrub cover in heterogeneous Mediterranean landscapes using machine learning and Sentinel-2 imagery. **Forests**, v. 15, p. 1739, 2024. Disponível em: <https://doi.org/10.3390/f15101739>. Acesso em: 26 maio 2025.

COLVERO, D. A. et al. Use of a geographic information system to find areas for locating municipal solid waste management facilities. **Waste Management**, v. 77, p. 500-515, 2018. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.wasman.2018.04.036>. Acesso em: 26 maio 2025.

GALDINO, L.; RIBEIRO, V. L. C.; MORAES, B. C.; FRANCO, L. D.; SARAIVA, M. A. Inclusão social e políticas públicas na relação catadores de recicláveis e reutilizáveis e administração pública. **Revista Vianna Sapiens**, v. 15, n. 2, p. 34, 2024. Disponível em: <https://doi.org/10.31994/rvs.v15i2.999>. Acesso em: 26 maio 2025.

GONÇALVES, P. P. et al. Avaliação dos fatores que influenciam no desempenho dos ecopontos: um estudo de caso no município de São Luís, Maranhão. **Revista de Gestão e Sustentabilidade Ambiental**, v. 11, p. 156-177, 2022. Disponível em: <https://doi.org/10.59306/rgsa.v11e12022156-177>. Acesso em: 26 maio 2025.

GORELICK, N. et al. Google Earth Engine: planetary-scale geospatial analysis for everyone. **Remote Sensing of Environment**, v. 202, p. 18-27, 2017. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.rse.2017.06.031>. Acesso em: 26 maio 2025.

JAKIEL, M. et al. Spatial and temporal distribution of illegal dumping sites in the nature protected area: the Ojców National Park, Poland. **Journal of Environmental Planning and Management**, v. 62, n. 2, p. 286-305, 2019. Disponível em: <https://doi.org/10.1080/09640568.2017.1412941>. Acesso em: 26 maio 2025.

JERÔNIMO, G. J.; FERREIRA, D. C.; LUZ, M. S. Dimensionamento de ecopontos para os resíduos recicláveis secos em Uberaba - MG. **Revista Brasileira de Ciência, Tecnologia e Inovação**, v. 4, n. 1, 2019. Disponível em: <https://doi.org/10.18554/RBCTI.V4I1.3390>. Acesso em: 26 maio 2025.

MAIS AMBIENTE ENGENHARIA E CONSULTORIA LTDA. **Levantamento gravimétrico dos resíduos sólidos da construção civil**. Uberaba: Prefeitura Municipal de Uberaba / FUNEPU, 2023. 66 p.

MANGUSSI FILHO, C. R. et al. The accuracy of land use and cover mapping across time in environmental disaster zones: the case of the B1 tailings dam rupture in Brumadinho, Brazil. **Sustainability**, v. 15, p. 6949, 2023. Disponível em: <https://doi.org/10.3390/su15086949>. Acesso em: 26 maio 2025.

MOREIRA, P. R. S.; RAMOS, H. R. Educação ambiental e sustentabilidade na instalação de ecopontos na cidade de Itaquaquecetuba/SP. **Revista Científica Análise Brasileira**, v. 16, p. 29-43, 2023. Disponível em: <https://doi.org/10.17271/19843240164020234601>. Acesso em: 26 maio 2025.

OLOFSSON, P. et al. Good practices for estimating area and assessing accuracy of land change. **Remote Sensing of Environment**, v. 148, p. 42-57, 2014. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.rse.2014.02.015>. Acesso em: 26 maio 2025.

PEREIRA, J. A. dos S.; TAVARES JÚNIOR, J. R. T. Classificação supervisionada e saldo de radiação para discriminação de alvos de superfície no entorno do reservatório de Itaparica - PE. In: **Anais do XVIII Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto**. Santos: INPE, 2017. p. 1211-1222.

SANTOS, K. A.; RUFINO, I. A. A.; BARROS FILHO, M. N. M. Impactos da ocupação urbana na permeabilidade do solo: o caso de uma área de urbanização consolidada em Campina Grande - PB. **Engenharia Sanitária e Ambiental**, v. 22, p. 943-952, 2017. Disponível em: <https://doi.org/10.1590/s1413-41522016146661>. Acesso em: 26 maio 2025.

SHAMS, J.; GIACOMELI, D.; SUCOMINE, N. Emprego da arborização na melhoria do conforto térmico nos espaços livres públicos. **Revista da Sociedade Brasileira de Arborização Urbana**, v. 4, n. 4, 2009. Disponível em: <https://doi.org/10.5380/revsbau.v4i4.66445>. Acesso em: 26 maio 2025.

TREVISAN, D. P. et al. Analysis of a landscape intensely modified by agriculture in the Tietê-Jacaré watershed, Brazil. **Sustainability**, v. 13, p. 9304, 2021. Disponível em: <https://doi.org/10.3390/su13169304>. Acesso em: 26 maio 2025.

ZAMBELLI, A. R.; CURTI, L. Z. C.; DONADON, M. L. B. Coleta seletiva de resíduos sólidos em Taquaritinga: implantação de ecopontos em unidades de ensino promovendo a educação ambiental. **Brazilian Journal of Development**, v. 9, n. 3, p. 12061-12067, 2023. Disponível em: <https://doi.org/10.34117/bjdv9n3-203>. Acesso em: 26 maio 2025.

# CAPÍTULO IV

## ASPECTOS SOCIOAMBIENTAIS DO DESCARTE IRREGULAR NA ZONA PERIFÉRICA DE UBERABA/MG: LMG-798

DOI: 10.51859/ampla.aca007.1125-4

Victória Caroline Silva das Virtudes <sup>1</sup>

Renato Farias do Valle Júnior <sup>2</sup>

Rick Max Aramaki <sup>3</sup>

Magda Stella de Melo Martins <sup>4</sup>

<sup>1</sup>Pós-graduanda em Saneamento Ambiental, Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Triângulo Mineiro – campus Uberaba, E-mail: victoria.virtudes@estudante.iftm.edu.br;

<sup>2</sup>Professora Dra. do Programa de Pós-Graduação lato sensu na área Ambiental, Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Triângulo Mineiro – campus Uberaba, E-mail: renato@iftm.edu.br.

<sup>3</sup>Doutorando do Programa de Biologia Vegetal da Universidade Federal de Uberlândia. rick.aramaki@hotmail.com

<sup>4</sup>Professora Dra. do Programa de Pós-Graduação lato sensu na área Ambiental, Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Triângulo Mineiro – campus Uberaba, E-mail: magda@iftm.edu.br.

### RESUMO

Este estudo analisou a gestão e os impactos ambientais do descarte de resíduos sólidos ao longo da rodovia LMG-798, entre a zona urbana de Uberaba/MG e a comunidade rural de Santa Rosa. O objetivo foi mapear os pontos de alocação das caçambas públicas, quantificar os resíduos coletados entre 2023 e 2024, avaliar as condições ambientais locais e propor ações educativas para mitigação dos impactos. A metodologia combinou dados da Secretaria de Serviços Urbanos e Obras (SESURB), vistorias in loco, caracterização dos resíduos, análise espacial por meio do portal IDE-Sisema e proposição de diretrizes de educação ambiental. Os resultados evidenciaram infraestrutura de coleta com três pontos fixos, levando à sobrecarga das caçambas e descarte irregular nas proximidades. Observou-se aumento significativo no volume de resíduos em 2024, com picos em meses específicos, indicando sazonalidade na geração. As análises ambientais mostraram coincidência entre os pontos de acúmulo de resíduos e áreas de alta fragilidade ecológica, incluindo zonas prioritárias para recuperação e regiões com alta vulnerabilidade à erosão e contaminação hídrica. Também foram identificada o destino final dos resíduos: parte vai ao aterro municipal e outra à empresa privada Soma Ambiental, dependendo da forma de descarte. A ausência de programas contínuos de educação ambiental agravou os comportamentos inadequados, como descarte de materiais perigosos e queimadas. Conclui-se que é necessária uma abordagem integrada, com fortalecimento da infraestrutura de coleta, revisão dos mecanismos de controle institucional e implementação de ações permanentes de educação ambiental para enfrentar os desafios da gestão de resíduos em áreas rurais e periurbanas.

Palavras-chave: Gestão de resíduos sólidos, Infraestrutura de coleta rural, Análise geoespacial, Educação ambiental, Impactos socioambientais.

### 1. INTRODUÇÃO

A intensificação do consumo associada à rápida substituição de bens duráveis, fomentada por estratégias de mercado como a obsolescência programada, tem contribuído significativamente para o aumento da geração de resíduos sólidos urbanos e rurais. Esse fenômeno está relacionado à lógica de consumo acelerado e ao descarte precoce de materiais

ainda funcionais, configurando um cenário crítico no que tange à gestão de resíduos (Costa; Diz; Oliveira, 2018).

A localização estratégica e a facilidade de acesso aos locais destinados ao descarte influenciam diretamente a eficiência dos sistemas de coleta seletiva, sendo mais eficazes em regiões que contam com ações de sensibilização e engajamento comunitário previamente estabelecidas (Alvarenga, 2015). Entre os fatores que podem interferir na disposição dos indivíduos em colaborar com práticas de reciclagem, destaca-se a variável etária, enquanto aspectos como gênero, escolaridade e faixa de renda apresentam menor impacto comportamental (Leme, 2009; Pereira et al., 2012).

A presença de uma rede de coleta de resíduos estrategicamente distribuída é fundamental para garantir a eficiência dos sistemas de gerenciamento, sobretudo em contextos rurais e periurbanos. A literatura especializada aponta que a gestão integrada de resíduos sólidos nesses territórios enfrenta limitações importantes, como os elevados custos logísticos e a ausência de sistemas consistentes de monitoramento de dados (Christmann; Bassan, 2021).

Pesquisas sobre geração de resíduos sólidos em áreas rurais e periféricas revelam padrões sazonais e fatores de influência. A composição dos resíduos varia entre áreas urbanas e rurais, com as áreas rurais produzindo mais resíduos orgânicos (Triassi et al., 2023; Patwa et al., 2020). Variações sazonais na geração de resíduos são observadas, com maiores quantidades geradas no verão e no outono em comparação ao inverno (Steinhoff-Wrześniewska, 2015; Firmansyah et al., 2024).

No contexto brasileiro, a gestão de resíduos sólidos urbanos ainda enfrenta entraves estruturais, sobretudo no que diz respeito ao descarte irregular, o qual contribui para impactos ambientais negativos e potenciais riscos à saúde pública. Embora a coleta convencional seja realizada, em média, a cada dois dias nas zonas urbanas, essa frequência mostra-se insuficiente para conter o acúmulo de resíduos em áreas marginalizadas, como terrenos desocupados e vias periféricas (Ferreira et al., 2024).

De acordo com os dados do Panorama dos Resíduos Sólidos do Brasil publicados na edição de 2024, a região Sudeste lidera na geração de resíduos, sendo cerca de 109 mil toneladas diárias, em contrapartida, a região já ultrapassou a média nacional de coleta, além de apresentar o maior índice de destinação correta dos resíduos sólidos, cerca de 69,8% (Abrema, 2024).

Já o Panorama dos Resíduos Sólidos do Brasil (2022), cita que a destinação final adequada é um grande desafio no país, pois aproximadamente 39% dos resíduos gerados são descartados de forma irregular, contribuindo para a poluição do meio ambiente e para o

aumento da proliferação de doenças. Esse fato ocorre mesmo após o governo federal promulgar a Lei nº12.305 no ano de 2010, que estabelece a Política Nacional de Resíduos Sólidos (PNRS), prevendo a gestão integrada, o gerenciamento de resíduos sólidos e abordando a responsabilidade compartilhada através da logística reversa (ABRELPE, 2022).

No município de Uberaba/MG, existem diversos pontos de descarte irregular de resíduos, os quais constituem locais inadequados para o armazenamento de resíduos, como ruas, corpos d'água, terrenos baldios, áreas de preservação ambiental ou quaisquer outros locais não destinados ao descarte adequado. É possível identificar diferentes tipos de resíduos, tais como resíduos de construção civil (RCC), resíduos eletroeletrônicos, móveis, massa verde, animais mortos e outros. Ressalta-se que a Prefeitura Municipal de Uberaba dispõe de onze ecopontos distribuídos pelo município, destinados ao recebimento desses resíduos provenientes de pequenos geradores.

Segundo Faita e Sarmento (2015) a gestão de resíduos do município não é eficiente, principalmente se referindo aos ecopontos. Em 2018 foi instituída a Política Municipal de Resíduos Sólidos no município de Uberaba/MG através da Lei nº 12.909 e em 2021, por meio do Decreto nº 701, a Lei Municipal nº 10.967/2008 foi regulamentada e instituiu os programas “Cata-treco” e “Ecopontos”.

Conforme a pesquisa de Alves e Coelho (2021) diante deste lapso temporal, a gestão de resíduos ainda requer melhorias, com ações mais severas para quem pratica descarte irregular, além dos programas e projetos de educação ambiental para com a comunidade em geral, explanando os impactos negativos causados ao meio ambiente e à saúde pública, bem como enfatizar a importância do descarte correto e as práticas sustentáveis da gestão de resíduos.

Visando otimizar a eficácia na gestão de resíduos, ferramentas geoespaciais e análises multicritério podem mapear efetivamente áreas críticas de descarte e sua relação com fragilidades ambientais. Sistemas de Informação Geográfica (SIG) integrados a métodos como MEDALUS e ELECTRE TRI permitem a avaliação da degradação do solo e a identificação de locais adequados para descarte de resíduos (Meza Mori et al., 2022; Biluca et al., 2020). A análise de fragilidade ambiental, combinando fatores como declive, geologia, pedologia e uso do solo, ajuda a avaliar a suscetibilidade de uma área à degradação (Campos et al., 2019; Oliveira-Andreoli et al., 2021).

Como instrumentos de educação ambiental, a Lei Federal nº 9.795/1999 institui a Política Nacional de Educação Ambiental (PNEA) e dispõe sobre a educação ambiental, ratificada pela Constituição do Estado de Minas Gerais, e a Lei Complementar nº389/2008 que institui o Código do Meio Ambiente do município de Uberaba-MG. Esses documentos destacam

que a educação ambiental deve ser desenvolvida em todas as áreas de conhecimento, seja em caráter formal e não-formal. Dessa maneira, o desenvolvimento de programas ou projetos com esse objetivo são as principais ferramenta para desenvolver a conscientização e a sustentabilidade.

Diversas pesquisas apontam que a inserção da educação ambiental em contextos escolares e comunitários desempenha papel essencial na sensibilização da população quanto aos impactos do descarte irregular de resíduos, além de estimular a adoção de práticas sustentáveis no cotidiano (Valadão et al., 2023; Gomes; Medina, 2019). Esse aspecto torna-se ainda mais relevante em regiões rurais, onde a cobertura dos serviços de coleta é restrita ou inexistente, sendo a formação socioambiental uma alternativa estratégica para fomentar o manejo responsável dos resíduos gerados localmente (Teixeira; Fernandes, 2018).

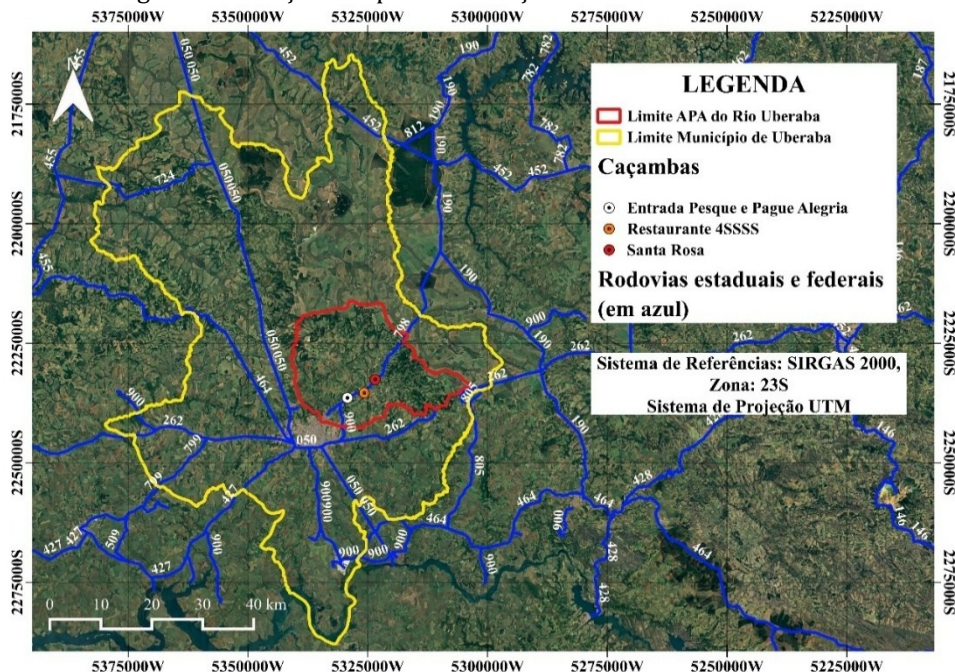
Diante desse panorama, esta pesquisa teve como propósito analisar a estrutura de coleta implantada ao longo da rodovia LMG-798 trecho que conecta a zona urbana de Uberaba à comunidade rural de Santa Rosa, identificar os principais pontos críticos de descarte, avaliar a volumetria dos resíduos recolhidos nos anos de 2023 e 2024, e propor diretrizes educativas que contribuam para a redução dos impactos socioambientais observados. Partindo dessa proposta, o estudo considerou as seguintes hipóteses: (i) A eficiência na gestão dos resíduos sólidos em áreas rurais e periurbanas está diretamente condicionada à existência de uma infraestrutura de coleta estrategicamente distribuída, capaz de atender de forma abrangente e contínua as demandas locais; (ii) há aumento no volume de resíduos em determinados períodos do ano; (iii) os locais de descarte coincidem com áreas ambientalmente frágeis; (iv) a ausência de ações de educação ambiental fortalece comportamentos inadequados; e (v) há divergências no fluxo de destinação entre resíduos regular e irregularmente descartados.

## 2. METODOLOGIA

O local de estudo encontra-se na zona rural do município de Uberaba/MG, mais especificamente na LMG-798 entre os pontos da zona urbana ao bairro rural de Santa Rosa, localizado entre as coordenadas geográficas inicial, Latitude: 19°43'9,07" e Longitude: 47°54'35,73", e final, Latitude: 19°39'35,66" e Longitude: 47°49'23,84" (figura 1). A localização em questão se trata de importante ligação entre o município de Uberaba/MG e a BR-190, tendo elevada movimentação de veículos de pequeno e grande porte, principalmente da comunidade rural denominada Santa Rosa, e além de estar inserida nos limites da Área de Proteção Ambiental do Rio Uberaba (APA do Rio Uberaba), unidade de conservação de uso sustentável que deve ser preservada, pois nela nasce o Rio Uberaba, sendo atualmente o principal

manancial que abastece todo o município. Portanto, a escolha desse local justifica-se pela sua relevância ambiental e pela presença recorrente de descarte irregular de resíduos sólidos em trechos periféricos e rurais.

Figura 1: Alocação dos pontos de caçambas na rodovia LMG-798



Fonte: Elaborado pelos autores com o software QGIS versão 3.36.1 (QGIS DEVELOPMENT TEAM, 2025) e imagens do Google Earth (GOOGLE INC., 2025).

A metodologia adotada neste estudo foi de natureza exploratório-descritiva, com abordagem mista, envolvendo procedimentos quantitativos e qualitativos, organizados em cinco etapas interdependentes (Figura 2). A primeira etapa foi realizada entre os dias 05 de fevereiro e 22 de março de 2024, período no qual se executou a identificação, localização espacial e georreferenciamento dos pontos de descarte regular e irregular de resíduos sólidos ao longo do trecho da rodovia estadual LMG-798, localizado na zona periurbana do município de Uberaba/MG.

Para a análise ambiental da rodovia LMG-798, entre Uberaba/MG e a comunidade de Santa Rosa, consistiu na importação dos dados das caçambas em formato KML para o QGIS, utilizando a ferramenta KMLTools, que permite integrar esse tipo de arquivo diretamente ao projeto.

Em seguida, foi incorporada uma camada de imagem de satélite proveniente do Google, por meio do plugin QuickMapServices. Essa imagem serviu como base cartográfica de referência para a organização espacial dos dados. Para facilitar a análise e visualização, criou-se uma camada vetorial do tipo ponto, representando individualmente cada caçamba. Foram

atribuídas cores distintas a cada ponto, com o objetivo de diferenciar as caçambas entre si e auxiliar na produção dos mapas temáticos.

Com a base montada, foram adicionadas outras informações relevantes em formato KML, incluindo os limites da Área de Proteção Ambiental do Rio Uberaba (APA – Rio Uberaba), a delimitação do município de Uberaba e a malha viária das rodovias estaduais e federais.

Foram aplicados esquemas de cores padronizados com base nas legendas originais dos mapas, empregando tons quentes (vermelho, laranja) para indicar maior criticidade e tons frios (verde, azul) para áreas de menor vulnerabilidade. Esses mapas foram essenciais para relacionar os pontos de descarte com áreas ambientalmente frágeis, subsidiando estratégias de recuperação, manejo e educação ambiental, com coerência técnica e visual compatível com os objetivos do diagnóstico territorial.

Essas camadas foram tratadas e analisadas em ambiente de Sistema de Informação Geográfica (SIG), possibilitando a sobreposição dos dados ambientais com os pontos de descarte identificados. O cruzamento dessas informações subsidiou a geração de mapas interpretativos, análise de vulnerabilidade e elaboração de propostas direcionadas ao planejamento ambiental e à gestão integrada dos resíduos sólidos na região estudada.

Os pontos identificados foram sistematicamente mapeados em ambiente SIG, foi utilizado o software de geoprocessamento QuantumGIS (QGIS), na versão 3.36.1, denominada “Maidenhead”. A etapa inicial, na escala de trabalho de 1:2.500. O sistema de referência adotado foi o SIRGAS 2000, fuso 23S, garantindo a compatibilidade espacial com os dados oficiais. Durante essa etapa, foram registrados dois tipos de locais: (i) os pontos formais de descarte, equipados com caçambas ou estruturas fornecidas pelo poder público municipal, e (ii) os pontos de descarte irregular, frequentemente situados em margens de estrada, terrenos baldios, áreas com vegetação ou entornos de loteamentos, caracterizados por acúmulo visível de resíduos diversos (entulhos, podas, resíduos domiciliares e recicláveis). A identificação dos pontos irregulares foi posteriormente validada por meio de inspeções de campo, conforme descrito nas etapas subsequentes da metodologia.

A segunda etapa da metodologia foi dedicada à verificação em campo dos pontos de descarte previamente mapeados, com o objetivo de validar as informações obtidas por sensoriamento remoto e coletar dados primários qualitativos e quantitativos sobre a tipologia e as condições de cada local. Essa fase foi executada por meio de três campanhas de vistoria técnica realizadas nos dias 20 de março, 10 de abril e 15 de maio de 2024, abrangendo integralmente o trecho da rodovia LMG-798 delimitado para estudo.

Durante cada deslocamento, procedeu-se ao reconhecimento físico e fotográfico dos locais de descarte, utilizando-se uma câmera digital equipada com GPS integrado, o que permitiu a obtenção de registros fotográficos georreferenciados de alta precisão. Esses registros foram utilizados posteriormente para compor o banco de dados espacial e apoiar a análise ambiental qualitativa.

Em cada ponto inspecionado, foi aplicada uma ficha padronizada de caracterização de campo, estruturada previamente, contendo os seguintes parâmetros: presença ou ausência de caçamba de coleta, tipo predominante de resíduo identificado (domiciliar, entulho de construção civil, recicláveis, orgânicos ou perigosos), volume estimado dos resíduos acumulados, proximidade de habitações ou estabelecimentos, ocorrência de cursos d'água próximos e a condição geral do entorno (presença de vegetação, acesso, sinais de queimada, entre outros).

A classificação dos resíduos sólidos foi realizada conforme os critérios estabelecidos na norma ABNT NBR 10004:2004, que define os resíduos quanto à sua periculosidade e classe. Assim, a classificação dos resíduos sólidos observados ao longo da rodovia LMG-798 foi realizada a caracterizar os resíduos conforme sua periculosidade em Classe I (perigosos) e Classe II (não perigosos), sendo esta subdividida em II A (não inertes) e II B (inertes). A classificação foi conduzida por meio de observação in loco, registro fotográfico e análise dos materiais conforme critérios da norma, sendo fundamental para orientar ações de gestão integrada, educação ambiental e políticas públicas mais eficazes no contexto periurbano.

A terceira etapa consistiu na obtenção de dados secundários junto à SESURB (Secretaria de Serviços Urbanos e Obras) de Uberaba. Foram solicitados os registros oficiais de coleta dos resíduos sólidos depositados nas caçambas localizadas ao longo da LMG-798, no período de janeiro de 2023 a dezembro de 2024. Os dados fornecidos incluíram: a quantidade de resíduos coletados mensalmente por ponto de caçamba, a frequência de troca das caçambas, e o volume médio por coleta (em toneladas). Essas informações foram organizadas em planilhas e analisadas com apoio do Microsoft Excel 365, com aplicação de estatística descritiva básica (média, somatório, identificação de meses com picos de coleta), permitindo a visualização de padrões sazonais. Os dados foram apresentados em gráficos temporais para comparação interanual.

A quarta etapa da pesquisa teve como foco a análise das condições ambientais da área de estudo, foi necessária a incorporação de dados espaciais provenientes da Infraestrutura de Dados Espaciais do Sistema Estadual de Meio Ambiente e Recursos Hídricos (IDE-SISEMA). Para isso, utilizou-se a funcionalidade de adição de camadas do tipo WMS/WMTS, acessando os

serviços públicos disponíveis nos servidores do IDE-SISEMA. Os dados utilizados foram o Zoneamento Ecológico-Econômico (ZEE) – Áreas prioritárias para conservação, ZEE – Áreas prioritárias para preservação, ZEE – Vulnerabilidade dos solos à erosão, ZEE – Vulnerabilidade do solo, ZEE – Vulnerabilidade natural e o ZEE – Vulnerabilidade natural dos recursos hídricos.

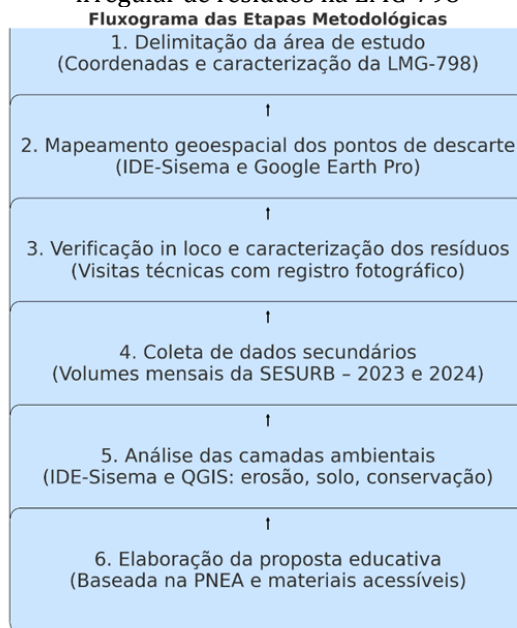
Esses temas foram selecionados por sua relevância para a análise ambiental da área de estudo, especialmente no que diz respeito à avaliação das condições naturais e à identificação de áreas sensíveis ou prioritárias para ações de conservação e manejo.

Com todas as camadas devidamente carregadas, passou-se à etapa de elaboração dos seguintes mapas temáticos: (i) de localização geral, apresentando os limites do município de Uberaba, a área da APA do Rio Uberaba e a distribuição espacial das caçambas analisadas; (ii) mapa com maior detalhamento da área de estudo. Por fim, Foram selecionadas e processadas as seguintes temáticas geoespaciais: (iii) áreas prioritárias para recuperação ecológica, (iv) vulnerabilidade dos recursos hídricos superficiais, (v) vulnerabilidade natural dos solos, (vi) vulnerabilidade à erosão e (vii) áreas prioritárias para conservação ambiental.

A confecção dos mapas foi realizada por meio do Gerenciador de Layout do QGIS, com a inclusão dos principais elementos cartográficos: grade de coordenadas geográficas, indicação do norte, escala gráfica, legenda, além das informações referentes ao sistema de projeção cartográfica e ao datum utilizado.

Por fim, a quinta etapa consistiu na elaboração de uma proposta de intervenção educativa, fundamentada nos princípios da Política Nacional de Educação Ambiental (Lei nº 9.795/1999). Com base nos dados coletados e nas fragilidades identificadas, foram elaboradas diretrizes de ação voltadas à comunidade rural e à população usuária da LMG-798.

Figura 2 – Fluxograma das etapas metodológicas - Sequência das fases executadas na pesquisa sobre o descarte irregular de resíduos na LMG-798



Fonte: os autores, 2025

### 3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

#### 3.1. Identificação dos locais de disposição das caçambas rurais.

A logística para a coleta dos resíduos sólidos na comunidade rural é complexa entre outras coisas, pelo fato da densidade demográfica ser menor dificultando uma coleta regular como na zona urbana, entres os fatores dificultadores estão a distância e volume coletado. Sendo assim, é comum no Brasil a prática de criar pontos de transbordo, onde a população deve depositar os resíduos em caçambas localizadas em pontos estratégicos, para posteriormente o poder público realizar a coleta e destinação. Municípios como Botucatu-SP, Maripá-PR, Caconde-SP, Uberlândia-MG, Araporã-MG, São José dos Quatro Marcos-MT e Uberaba-MG, etc. utilizam deste recurso no seu Plano de Gestão Integrado de Resíduos Sólidos – PGIRS, visando racionalizar os custos e ampliar a cobertura dos serviços.

A periodicidade de coleta e limpeza das caçambas varia de acordo com cada região. No município de Uberaba, esses resíduos são coletados apenas uma vez na semana. Em razão da frequência e instabilidade de disposição e volume, as caçambas, muitas vezes ficam sobrecarregadas e com os resíduos espalhados ao longo da via, que além de poluir de forma visual (figura 3), polui também o solo e ar, podendo ser carregado aos cursos d'água e até mesmo a águas subterrâneas.

Figura 3: Poluição visual provocada por caçambas com excesso de carga.



Fonte: SESURB, adaptado pelo autor, 2025.

A figura 3 permite observar não apenas uma imagem grotesca de resíduos por todos os lados, mas também se observa que estes resíduos estão expostos a um solo sem impermeabilização, fato que permite o lixiviamento de chorume, oriundo da degradação dos resíduos ali dispostos. O potencial dano ambiental requer mais atributos para análise, tipo permeabilidade do solo, inclinação, proximidade de cursos d'água, entre outros; que não são objetos deste estudo, mas deixa claro que a ação poderá comprometer a qualidade ambiental do local.

Pontes et al. (2023) observaram em suas pesquisas que 81,4% das comunidades rurais observadas em Botucatu, dispõe seus resíduos em caçambas dispostas nas estradas para posterior coleta do poder público e apenas 7,8% desse público tem a preocupação em separar os recicláveis, reduzindo assim o volume acondicionado.

Conforme ilustrado na Figura 1 e 2, as caçambas de coleta de resíduos foram estrategicamente distribuídas ao longo da rodovia LMG-798, cobrindo desde a Comunidade Rural de Santa Rosa até a rotatória do rodoanel de Uberaba, entre os bairros Amoroso Costa e Jardim Eldorado, entrada do perímetro urbano de Uberaba. A alocação contemplou três pontos principais: na entrada do Pesque-Pague Alegria, onde se identificaram duas caçambas posicionadas na coordenada UTM 198.752,25 m E e 7.820.195,92 m S; nas imediações do Restaurante 4SSSS, com três caçambas situadas em 202.059,35 m E e 7.821.222,74 m S; e na comunidade de Santa Rosa, em frente à escola municipal, onde há uma única caçamba localizada em 204.157,10 m E e 7.823.893,33 m S, todas referenciadas no sistema SIRGAS 2000 – Zona 23K. Esses dados reforçam a tentativa de cobertura territorial da coleta, embora os registros de superlotação e descarte irregular apontem para limitações operacionais no atendimento à demanda local.

Durante a pesquisa, foi observado que não é apenas a comunidade rural que descarta os diversos tipos de resíduos de forma inadequada, há locais bem próximos da área urbana que são pontos de descarte irregular, dessa forma, esses resíduos são gerados pelos estabelecimentos e também pela população residente no entorno. Vale destacar que a não existência de ecopontos nas imediações contribui para essa prática irregular.

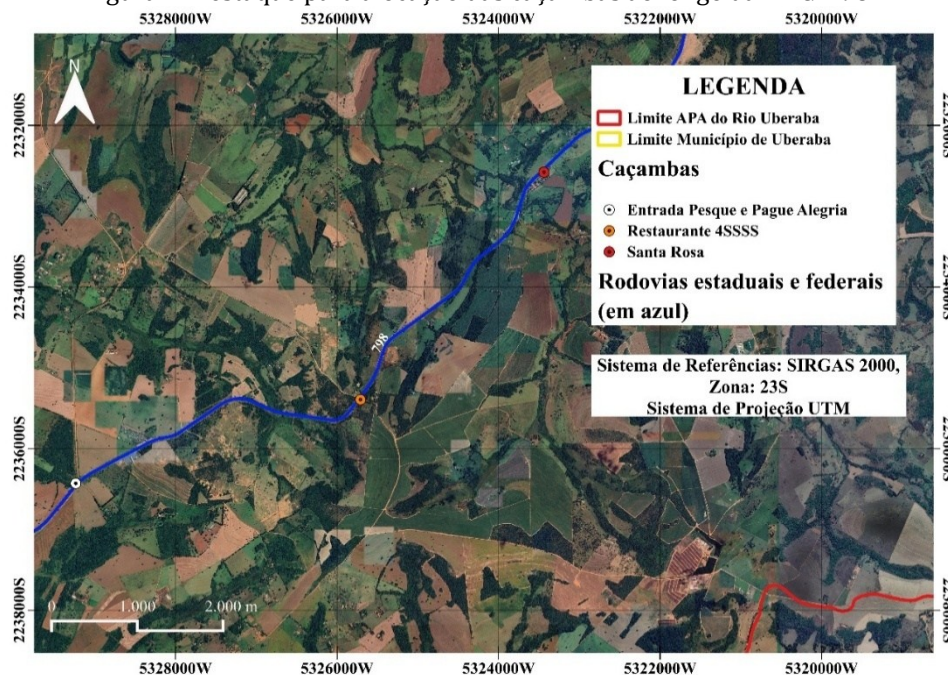
A situação observada em Uberaba não é isolada. Conforme relatado pelo município de Caconde-SP (2024), a utilização indevida das caçambas rurais por moradores urbanos é recorrente, comprometendo sua função original. As caçambas, destinadas exclusivamente aos moradores da área rural para resíduos domiciliares, frequentemente supera a capacidade de coleta, pois alguns moradores urbanos também descartam lixo nesses locais (Caconde, 2024).

A disposição irregular de resíduos sem qualquer critério técnico é uma prática comum no Brasil, vindo a causar impactos no meio ambiente e na saúde populacional, considerando que destinação correta ainda é um desafio para o país, sendo necessário a caracterização dos resíduos para melhor entendimento em relação à quantidade e qualidades destes (Menezes et al, 2019).

A Lei nº 12.305/2010 determina a elaboração de planos de gerenciamento a nível municipal, estadual e regional, implantação de coleta seletiva e logística reversa, além de prever também a erradicação de lixões. Dessa forma, o gerenciamento de resíduos permite que, através da composição gravimétrica, sejam analisadas as alternativas de destinação final adequada, bem como os resíduos que permitem aproveitamento comercial, como os recicláveis (Menezes et al, 2019).

Após análise dos dados fornecidos pelo SESURB foram identificadas 06 caçambas em 03 pontos de coleta (figura 4). Dentro do aglomerado rural de Santa Rosa encontra-se 01 (uma) caçamba, defronte à escola municipal no bairro rural de Santa Rosa, as demais são 03 (três) caçambas próximas ao Restaurante 4SSSS e 02 (duas) caçambas na entrada da estrada que chega ao Pesque-pague Alegria.

Figura 4: Destaque para alocação das caçambas ao longo da LMG-798.



Fonte: Fonte: Elaborado pelos autores com o software QGIS versão 3.36.1 (QGIS DEVELOPMENT TEAM, 2025) e imagens do Google Earth (GOOGLE INC., 2025).

Ressalta-se que a coleta realizada pela SESURB é apenas nos locais onde há as caçambas, enquanto a Companhia Operacional de Desenvolvimento, Saneamento e Ações Urbanas (CODAU) recolhe todos os resíduos descartados irregularmente ao longo da LMG-798 através da limpeza pesada, que envolve o uso de pá carregadeira para juntar e recolher no caminhão para o devido descarte (figura 5).

Figura 5 – Limpeza de pontos irregular reque máquinas pesadas para a eficiência dos trabalhos.



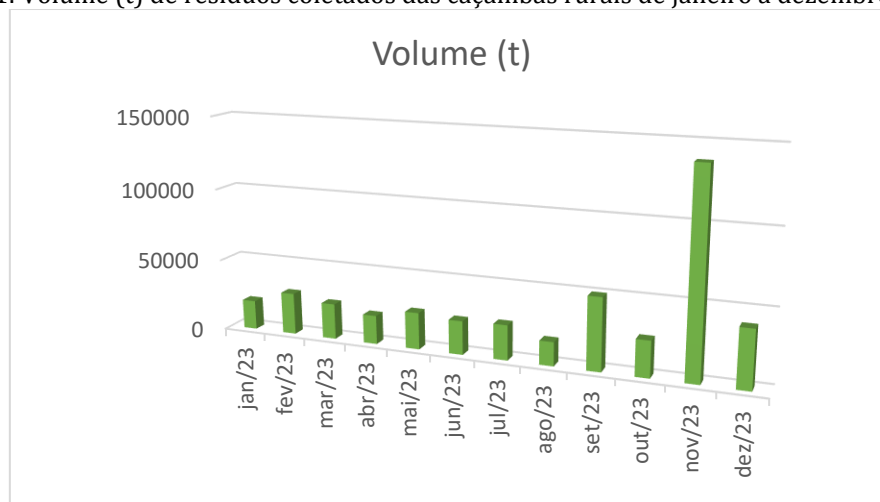
Fonte: JM Online (2025)

### 3.2. Análise dos dados obtidos pela SESURB

A gestão de resíduos sólidos no município de Uberaba, Minas Gerais, não é eficiente, tendo em vista que o município possui pontos de coleta de resíduos, chamados “ecopontos”, que também não funcionam da maneira correta, contribuindo para as práticas de descarte irregular de resíduos (Faita e Sarmento, 2015; Alves e Coelho, 2021). Alves e Coelho (2021) ainda destacam que são necessárias as melhorias da estrutura, assim como as ações mais periódicas e severas quanto à fiscalização e a execução de projetos e programas de educação ambiental.

Em 2023 foram calculados os volumes mensais dos três pontos, conforme gráfico a seguir:

Gráfico 1: Volume (t) de resíduos coletados das caçambas rurais de janeiro a dezembro de 2023.



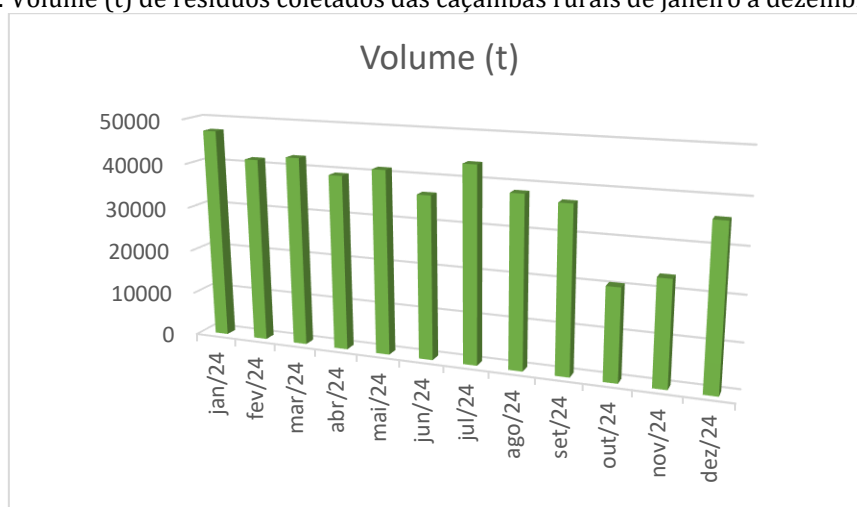
Fonte: SESURB, adaptado pelo autor, 2025.

Com base nos dados fornecidos pela SESURB, foram sistematizados os volumes de resíduos coletados mensalmente nos três pontos ao longo dos anos de 2023 e 2024. O Gráfico 1 apresenta uma distribuição desigual ao longo dos meses, com destaque para três períodos de maior acúmulo: setembro (49,71 toneladas), novembro (138,05 toneladas) e dezembro (40,05 toneladas). Esses picos podem ser associados a eventos sazonais, como a intensificação das atividades agrícolas, reformas habitacionais ou aumento no consumo doméstico, especialmente nos meses de fim de ano. O volume registrado em novembro chama particular atenção por representar um valor quase três vezes superior à média mensal, indicando possível sobrecarga no sistema de coleta e exigindo análise específica sobre sua causa como mutirões de limpeza, ações emergenciais ou descarte não usual. Em contrapartida, os meses de abril (13,47 t), junho (12,55 t) e agosto (10,43 t) registraram os menores volumes, possivelmente associados a períodos de menor atividade agrícola ou maior regularidade na coleta domiciliar convencional.

Essa alternância reforça a hipótese de que o sistema de coleta rural não está estruturado para lidar com variações sazonais, resultando em sobrecargas pontuais e acúmulo de resíduos nos pontos de descarte.

A variação acentuada entre os meses evidencia a necessidade de revisão do planejamento operacional das caçambas, com vistas à ampliação da capacidade instalada, definição de rotas otimizadas e aplicação de estratégias preventivas nos períodos de maior geração. Além disso, a identificação de padrões de descarte pode contribuir para o desenvolvimento de campanhas educativas direcionadas, com base nos meses críticos, aumentando a eficácia das políticas públicas de gestão de resíduos sólidos em áreas rurais.

Gráfico 2: Volume (t) de resíduos coletados das caçambas rurais de janeiro a dezembro de 2024.



Fonte: SESURB, adaptado pelo autor, 2025.

O Gráfico 2 demonstra a evolução mensal da quantidade de resíduos sólidos coletados nas caçambas rurais ao longo do ano de 2024, conforme dados da SESURB. A análise revela um padrão de descarte mais uniforme em relação ao ano anterior, embora ainda se observem variações mensais significativas. Destacam-se volumes expressivos nos meses de janeiro (47,33 t), fevereiro (41,5 t) (março (42,56 t), maio (41,24 t) e julho (43,71 t), evidenciando possíveis relações com o início do ano fiscal, períodos de colheita agrícola ou ações específicas de limpeza promovidas pelo poder público. Ao contrário de 2023, quando o maior volume foi registrado em novembro, em 2024 não há um pico tão acentuado, o que pode indicar um ligeiro avanço na organização da coleta ou maior regularidade nas atividades de descarte pela população.

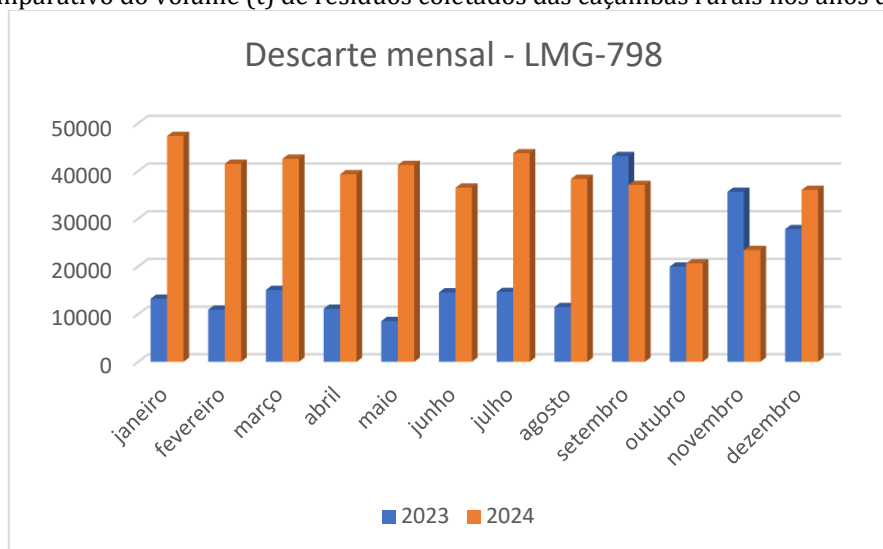
Entretanto, ainda é possível identificar momentos de menor volume, como em abril (24,10 t) e outubro (28,12 t). Essa oscilação entre os meses reforça a importância de uma análise mais aprofundada das dinâmicas locais de geração de resíduos e da periodicidade das atividades produtivas e residenciais nas zonas rurais.

É importante frisar que todos os resíduos coletados das caçambas pela SESURB têm sua destinação final o aterro municipal, enquanto os resíduos descartados de forma irregular, os quais são recolhidos pela CODAU são direcionados ao aterro da Soma.

Freire et al. (2016), destaca que a destinação e coleta dos resíduos sólidos no território rural é uma problemática, devido à falta de gestão municipal dos resíduos sólidos rurais, destacando que as práticas são de responsabilidades do poder público devem ser tomadas de forma eficiente. Com toda precariedade, os munícipes ainda de se veem desamparados, pois os locais que foram calculados para os resíduos de origem rural, muitas vezes são utilizados por descartes urbanos irregulares, superlotando essas caçambas e inviabilizando o uso de quem de fato deveria utilizar (Canconde, 2025).

O gráfico 3 faz uma melhor comparação dos anos de 2023 e 2024, sendo evidente o aumento do descarte no ano de 2024 e o equilíbrio de volume entre setembro e dezembro de 2023 e 2024, o que sugere variações sazonais ou operacionais na gestão de resíduos da região:

Gráfico 3: Comparativo do volume (t) de resíduos coletados das caçambas rurais nos anos de 2023 e 2024.



Fonte: SESURB, adaptado pelo autor, 2025.

Comparativamente a 2023, o volume total mensal apresenta tendência de crescimento moderado, sugerindo que o atual sistema de coleta está se aproximando de sua capacidade operacional. Tal constatação reforça a necessidade de ampliação da infraestrutura de coleta, otimização das rotas de transporte e implementação de políticas educativas contínuas, com foco na redução do descarte irregular e na promoção da responsabilidade compartilhada pela gestão de resíduos.

Essa elevação no volume total coletado em 2024, representada comparativamente no Gráfico 3, reflete um agravamento no descarte ou um aumento na cobertura do serviço de coleta. É importante destacar que os resíduos oriundos das caçambas são direcionados ao aterro sanitário municipal, enquanto os resíduos coletados em áreas de descarte irregular pela CODAU são levados ao aterro da empresa SOMA, o que implica custos operacionais diferenciados e, muitas vezes, não previstos no orçamento municipal.

Araújo (2020) ressalta que estudos que abordaram de forma quantitativa a composição gravimétrica e a destinação final dos resíduos sólidos domiciliares da zona rural, são relativamente reduzidos, dificultando avaliação de tendências.

Quanto à classificação de resíduos, é evidente o descarte de resíduos domiciliares, de construção civil, móveis, alguns recicláveis como papelão e plástico, e também telhas de amianto que são consideradas contaminantes e prejudicial ao meio ambiente e à saúde humana. Durante as vistorias, foram identificados resíduos perigosos descartados de forma irregular, como telhas de amianto, restos de tintas, baterias e componentes eletroeletrônicos, que representam sérios riscos à saúde e ao meio ambiente, demandando manejo especializado. Também foram encontrados resíduos não perigosos, como plásticos, papel, tecidos e restos alimentares (Classe II A), e entulho de construção civil (Classe II B), cuja disposição inadequada compromete a paisagem e a qualidade do solo.

Ainda, em visitas in loco, foi possível observar que além de depositar os resíduos no entorno das caçambas (figura 6), fora delas, as pessoas ainda colocam fogo nos resíduos (figura 7), o que configura crime ambiental, conforme a Lei Federal de Crimes Ambientais nº 9.605/1998, contribuindo para a emissão de poluentes e, conseqüentemente, prejudicando o meio ambiente e a saúde pública.

Ressalta-se que, embora essa prática seja crime, não há controle e eficiência de flagrantes e/ou denúncias para que sejam aplicadas as medidas cabíveis, considerando a localização que ocorre, a falta de sistema de segurança, como câmeras, e de mão de obra para fiscalização.

Figura 6: Caçamba na comunidade Santa Rosa com resíduos além da capacidade.



Figura 7: Caçambas no Pesque-pague Alegria em chamas.



Fonte: SESURB, adaptado pelo autor, 2025.

### 3.3. Análise dos mapas do IDE-Sisema

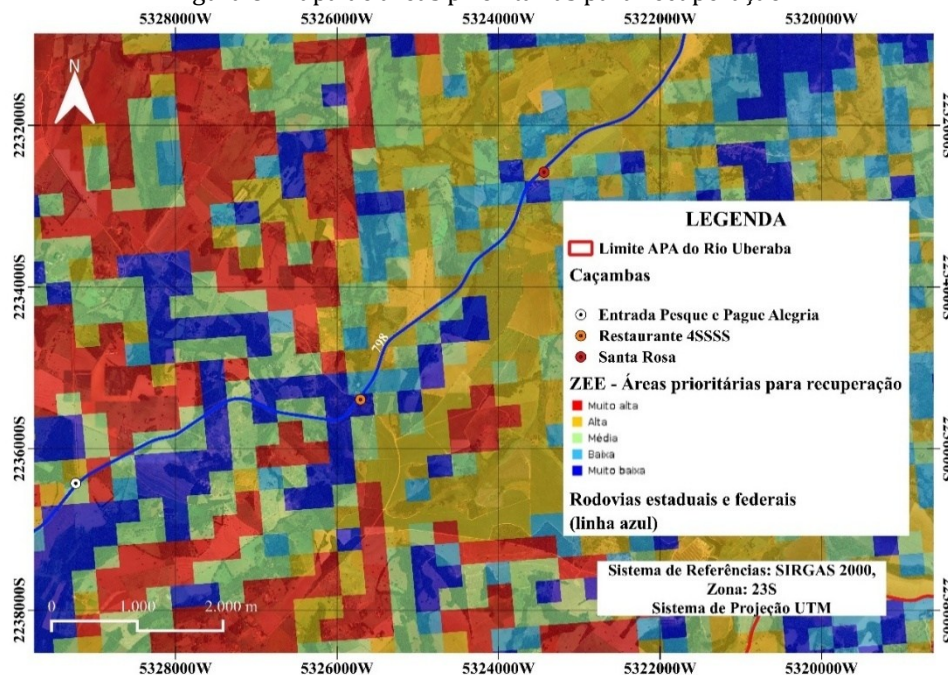
Com o aumento do crescimento da população ao longo dos anos há também o crescimento da geração de resíduos o que, consequentemente, gera maiores preocupações por parte dos gestores governamentais. Além do aumento demográfico e expectativa de vida da população, o aumento das cidades, a expansão agrícola e tecnológica afeta diretamente no aumento da geração e disposição adequada de resíduos sólidos (Dias; de Andrade, 2020).

A avaliação geoespacial das áreas de influência da LMG-798, realizada a partir das camadas temáticas do portal IDE-Sisema, permitiu identificar zonas de risco ambiental e potenciais áreas de degradação associadas ao descarte irregular de resíduos. Seis camadas foram analisadas: (i) áreas prioritárias para recuperação (Figura 8), (ii) vulnerabilidade dos recursos hídricos (Figura 9), (iii) vulnerabilidade natural (Figura 12), (iv) vulnerabilidade do solo (Figura 13), (v) vulnerabilidade à erosão (Figura 14) e (vi) áreas prioritárias para conservação (Figura 17).

#### 3.3.1. Áreas prioritárias para recuperação:

As áreas prioritárias para recuperação (figura 8), apontam a priorização espacial dessas para recuperação ambiental, sendo essencial para ações de restauração ecológica, controle de erosão, recomposição da vegetação nativa e mitigação de impactos ambientais.

Figura 8: Mapa de áreas prioritárias para recuperação.



Fonte: Elaborado pelos autores com o software QGIS versão 3.36.1 (QGIS DEVELOPMENT TEAM, 2025) e imagens do Google Earth (GOOGLE INC., 2025).

A localidade de Santa Rosa foi classificada como de alta prioridade para recuperação (Figura 8), demonstrando que a área apresenta condições ambientais bastante degradadas e demanda ações urgentes de restauração. Essa prioridade pode ser explicada pela ocorrência frequente de descarte irregular, deficiência na coleta e ocupação local, somado à escassez de vegetação nativa remanescente. Em contraponto, o ponto do Restaurante 4SSSS apresenta baixa prioridade para recuperação, o que sugere maior estabilidade ecológica.

A Figura 8 caracteriza o Mapa de áreas prioritárias para recuperação, extraída do portal IDE-Sisema e adaptada ao presente estudo, evidencia a distribuição espacial das zonas que demandam ações urgentes ou estratégicas de restauração ambiental ao longo da rodovia LMG-798, entre a zona urbana de Uberaba/MG e a comunidade rural de Santa Rosa. Conforme a legenda do mapa, as áreas são classificadas em quatro níveis de prioridade: baixa, média, alta e muito alta. As áreas de prioridade muito alta, destacadas em vermelho, concentram-se principalmente na região de Santa Rosa, onde também foram identificados focos recorrentes de descarte irregular de resíduos sólidos, inclusive resíduos perigosos, como telhas de amianto. Essa sobreposição espacial reforça a urgência de intervenções nessa localidade, seja por meio de recuperação ecológica, seja por ações de fiscalização e educação ambiental.

As áreas de prioridade alta, representadas em laranja, ocorrem nos trechos intermediários da rodovia, especialmente nas proximidades do Pesque-Pague Alegria, local que também apresenta registros de acúmulo de resíduos, porém com menor intensidade do que em

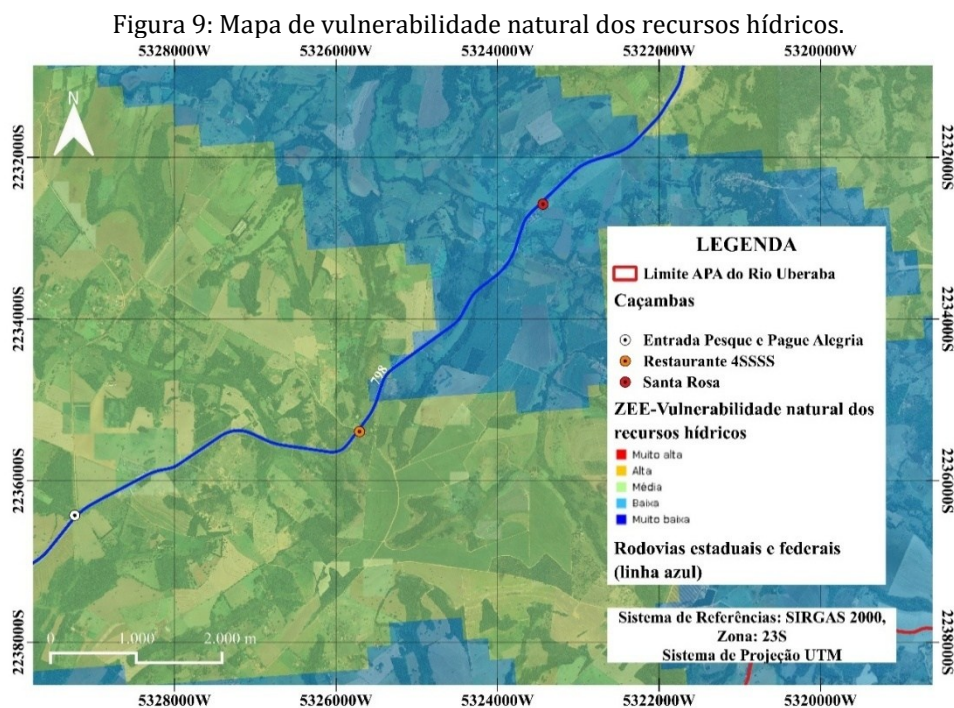
Santa Rosa. A presença dessas zonas indica fragilidades ambientais relevantes, como perda de cobertura vegetal, compactação do solo e proximidade de corpos d'água.

Por sua vez, as regiões classificadas como de prioridade média e baixa (em amarelo e verde, respectivamente) estão associadas ao entorno do Restaurante 4SSSS e a trechos da rodovia mais próximos ao perímetro urbano de Uberaba, que, embora também apresentem descarte inadequado, possuem maior estabilidade ecológica relativa ou menor evidência de degradação direta.

Em síntese, a interpretação da figura demonstra que os locais de maior criticidade ambiental coincidem com os pontos de maior incidência de resíduos descartados de forma irregular. Esse cruzamento espacial é fundamental para orientar ações de recuperação ambiental, definição de zonas prioritárias para manejo e destinação de investimentos públicos, de modo a minimizar os impactos já existentes e prevenir a ampliação da degradação ambiental na região.

### 3.3.2. Vulnerabilidade natural dos recursos hídricos:

A vulnerabilidade natural dos recursos hídricos (figura 9) indica o grau de suscetibilidade do meio físico à degradação ou contaminação dos recursos hídricos, com base em características naturais como: tipo de solo, declividade do terreno, uso e cobertura da terra, proximidade de corpos d'água e presença de áreas de recarga de aquíferos.



Fonte: Elaborado pelos autores com o software QGIS versão 3.36.1 (QGIS DEVELOPMENT TEAM, 2025) e imagens do Google Earth (GOOGLE INC., 2025).

Quanto à vulnerabilidade dos recursos hídricos (Figura 9), embora Santa Rosa esteja em zona de baixa vulnerabilidade, os pontos de descarte (figuras 10 e 11) se aproximam de locais sensíveis, o que, somado à fragilidade dos sistemas de contenção, torna o risco potencial elevado. Já o Pesque-Pague Alegria e o 4SSSS foram classificados em zonas de vulnerabilidade média, exigindo medidas preventivas em função da proximidade de corpos hídricos com nascentes e áreas de recarga hídrica, ou em terrenos com maior risco de percolação de contaminantes, exigindo atenção para evitar a poluição difusa.

Figuras 10 e 11: Vista da caçamba alocada em Santa Rosa.

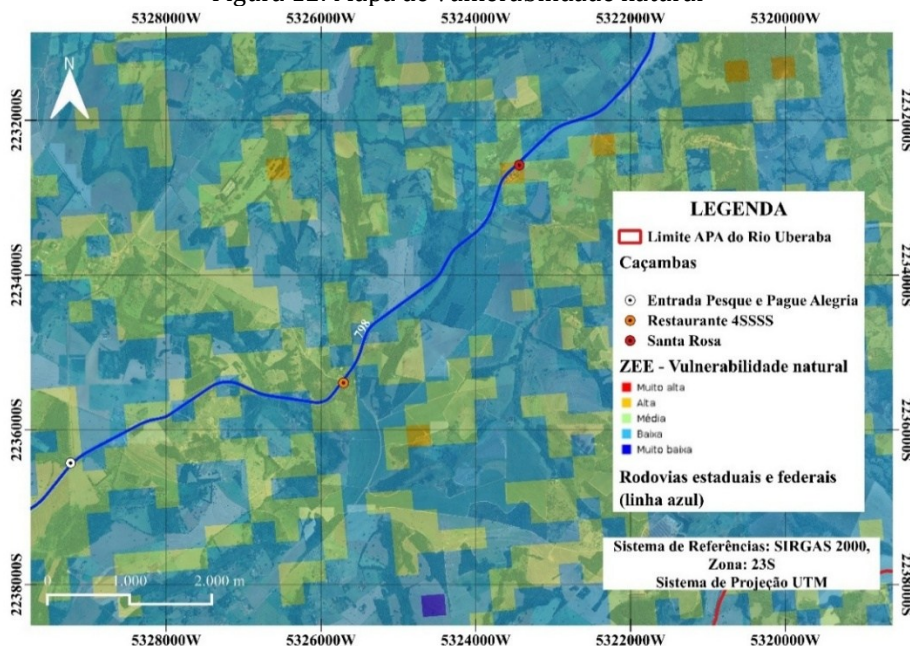


Fonte: SESURB, adaptado pelo autor, 2025.

### 3.3.3. Vulnerabilidade natural:

A vulnerabilidade natural (figura 12), representa a capacidade do meio físico-natural de resistir ou se recuperar de impactos ambientais, considerando principalmente suas características geológicas, pedológicas (do solo), topográficas, climáticas e de uso do solo.

Figura 12: Mapa de vulnerabilidade natural



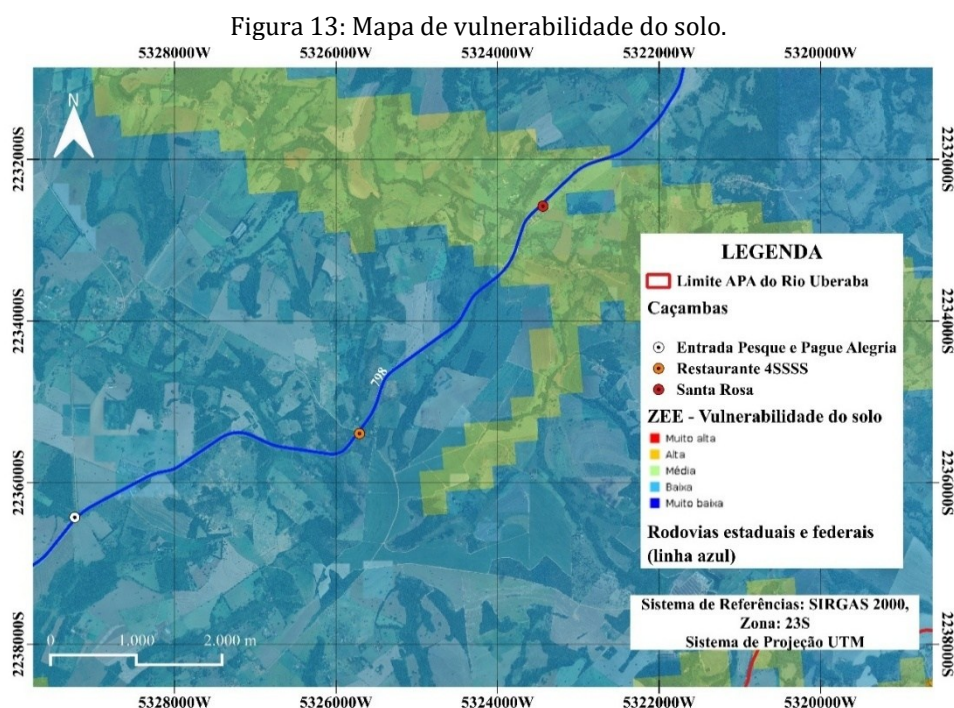
Fonte: Elaborado pelos autores com o software QGIS versão 3.36.1 (QGIS DEVELOPMENT TEAM, 2025) e imagens do Google Earth (GOOGLE INC., 2025).

Em análise à figura 12, pode-se observar que a alta vulnerabilidade natural de Santa Rosa revela que o ambiente é frágil por natureza — solo, topografia ou clima tornam a área suscetível a impactos ambientais, o que agrava os efeitos do descarte.

As demais áreas (Alegria e 4SSSS) têm vulnerabilidade intermediária, indicando necessidade de cuidado, mas com capacidade de resiliência um pouco maior.

### 3.3.4. Vulnerabilidade do Solo:

A vulnerabilidade do solo (figura 13), aponta o grau de suscetibilidade dos solos à degradação ambiental, com base em suas características físicas, químicas e morfológicas. Essa vulnerabilidade está diretamente relacionada à capacidade do solo de resistir a impactos, como compactação, contaminação, erosão e perda de fertilidade.



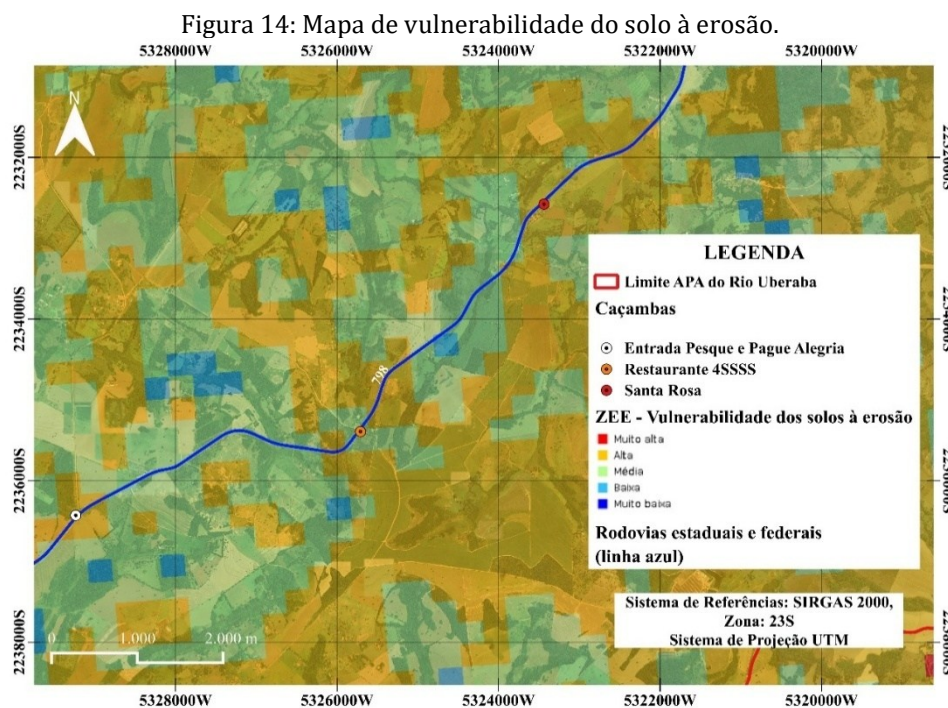
**Fonte:** Fonte: Elaborado pelos autores com o software QGIS versão 3.36.1 (QGIS DEVELOPMENT TEAM, 2025) e imagens do Google Earth (GOOGLE INC., 2025).

O mapa de vulnerabilidade do solo (Figura 13) indica que, apesar de Santa Rosa não apresentar solos altamente frágeis, sua condição atual de uso torna o solo suscetível à compactação e perda de fertilidade, sendo assim, podem sofrer degradação com o tempo devido ao tráfego, ocupação e descarte.

Já as áreas Alegria e 4SSSS, indicam baixo risco de degradação direta do solo, ainda assim podem enfrentar problemas se a carga de resíduos for persistente.

### 3.3.5. Vulnerabilidade do solo à erosão:

A vulnerabilidade de solo à erosão (figura 14), aponta o grau de suscetibilidade dos solos ao processo erosivo, ou seja, a facilidade com que o solo pode ser desgastado e transportado por agentes naturais, principalmente pela chuva e pelo escoamento superficial.



Fonte: Elaborado pelos autores com o software QGIS versão 3.36.1 (QGIS DEVELOPMENT TEAM, 2025) e imagens do Google Earth (GOOGLE INC., 2025).

Pesque-Pague Alegria e Santa Rosa apresentam alto risco de erosão, o que é preocupante considerando que a remoção da cobertura vegetal o acúmulo de resíduos (figuras 15 e 16) que expõem o solo e favorecem processos erosivos (especialmente em época de chuva).

4SSSS, com vulnerabilidade média, ainda demanda atenção, especialmente com relação ao manejo superficial dos resíduos.

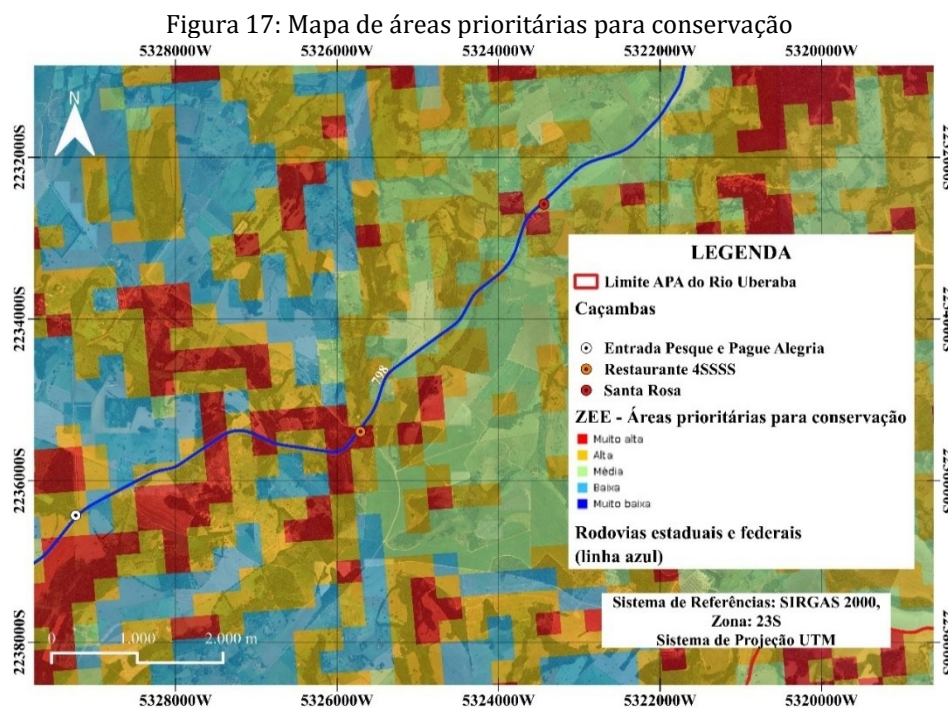
Figuras 15 e 16: Vista das caçambas alocadas na entrada do Pesque-pague Alegria.



Fonte: SESURB, adaptado pelo autor, 2025.

### 3.3.6. Áreas prioritárias para conservação:

As áreas prioritárias para conservação apontam os territórios que devem ser protegidos ou manejados com prioridade para manter a biodiversidade, os serviços ecossistêmicos e a integridade ambiental, considerando uma análise integrada de variáveis ecológicas, geográficas e socioambientais.



Fonte: Elaborado pelos autores com o software QGIS versão 3.36.1 (QGIS DEVELOPMENT TEAM, 2025) e imagens do Google Earth (GOOGLE INC., 2025).

Observando a figura 17, é possível afirmar que todas as áreas requerem atenção para conservação, sendo que o Restaurante 4SSSS (figuras 18, 19 e 20), apesar de baixa prioridade para recuperação, é área muito sensível à conservação, possivelmente por valor ecológico, biodiversidade ou proximidade de APPs.

Santa Rosa e Alegria também devem ser protegidas e monitoradas, tanto para evitar agravamento da degradação quanto para recuperar o equilíbrio ecológico da APA do Rio Uberaba.

Figuras 18 e 19: Vista das caçambas alocadas próximo ao Restaurante 4SSSS.



Fonte: SESURB, adaptado pelo autor, 2025.

Finalmente, a análise das camadas do IDE-Sisema revela que Santa Rosa é o ponto mais crítico, tanto em termos de degradação quanto de sensibilidade ambiental, em função da ocupação local e das estruturas existentes de drenagem e saneamento. A área exige ações combinadas de recuperação, educação ambiental e infraestrutura de coleta.

Já o Pesque-Pague Alegria é um ponto de atenção pela erosão potencial e importância conservacionista, mesmo com vulnerabilidade geral média.

Por fim, o ponto próximo ao Restaurante 4SSSS, embora menos degradado, é ecologicamente relevante e precisa de prevenção e proteção, dada sua prioridade muito alta para conservação.

### 3.4. A Educação Ambiental como processo formativo

Diante do cenário diagnosticado, evidencia-se a urgência da educação ambiental como eixo estruturante para transformação das práticas sociais relacionadas ao descarte de resíduos. Os comportamentos observados durante a pesquisa revelam que os maus hábitos da população têm sido constantes e exponenciais, sem preocupar com os impactos causados no meio ambiente e na saúde pública, além de se perceber uma expectativa generalizada de que o poder público deve resolver os problemas sem a participação ativa da comunidade.

Para isso, se faz necessário estabelecer critérios técnicos de alocação das caçambas e deixá-los bem definidos aos munícipes, como: sua função, o porquê da escolha do local, como definir o número de caçambas em cada local e a que fim elas se destinam.

Assim, a melhor forma de repassar informações é por meio da educação ambiental; neste contexto, ela surge como instrumento que proporciona o conhecimento e aprendizagem de boas maneiras que visem a preservação ambiental (de Freitas et al, 2019).

Para Silveira e Ribeiro (2021) a educação ambiental alinhada à outras políticas públicas é uma ferramenta eficiente para mitigar os problemas gerados pelo descarte ou pela destinação

final inadequada dos resíduos sólidos, sendo que ela está regulamentada nas legislações federal, estadual e municipal.

A educação ambiental, conforme a lei, possui a sustentabilidade como caráter permanente, o que implica o uso da pedagogia para relacionar os impactos gerados pela exploração descontrolada dos recursos naturais, perfazendo a importância do uso da ecologia para mitigar esses impactos (Silveira e Ribeiro, 2021).

#### **4. CONSIDERAÇÕES FINAIS**

A investigação realizada ao longo da rodovia LMG-798, no município de Uberaba-MG, permitiu uma avaliação multidimensional da dinâmica de geração, descarte e gestão dos resíduos sólidos em zonas rurais e periurbanas. A abordagem adotada, fundamentada em dados empíricos, geoespaciais e normativos, possibilitou testar e discutir com profundidade as hipóteses inicialmente estabelecidas neste estudo.

A primeira hipótese de que a eficiência na gestão dos resíduos sólidos em áreas rurais e periurbanas está diretamente condicionada à existência de uma infraestrutura de coleta estrategicamente distribuída foi amplamente confirmada. As evidências apontam que a escassez de ecopontos e a distribuição pontual e insuficiente de caçambas comprometem a efetividade do sistema de coleta. Como observado, mesmo as caçambas alocadas nos três pontos oficiais (Santa Rosa, Pesque-Pague Alegria e Restaurante 4SSSS) apresentam, de forma recorrente, sinais de sobrecarga e uso indevido. A precariedade da logística pública tem como consequência o descarte difuso ao longo da rodovia, comprometendo a qualidade ambiental da paisagem e exigindo ações corretivas periódicas com uso de maquinário pesado.

A segunda hipótese, que previa um aumento no volume de resíduos em determinados períodos do ano, foi corroborada pelas séries temporais apresentadas nos Gráficos 1 e 2. A análise comparativa entre os anos de 2023 e 2024 (Gráfico 3) revela um padrão de sazonalidade no descarte, com picos acentuados nos meses de setembro, novembro e dezembro em 2023, e em janeiro, fevereiro, março, maio e julho em 2024. Esses aumentos podem estar associados a fatores como o calendário agrícola, sazonalidade de consumo e ausência de campanhas periódicas de conscientização. Tais variações indicam a necessidade de adequar a frequência de coleta e a capacidade de armazenamento conforme a demanda observada ao longo do ano.

A terceira hipótese de que os locais de descarte coincidem com áreas ambientalmente frágeis foi plenamente confirmada a partir da análise integrada das camadas ambientais da plataforma IDE-Sisema. As figuras 8 a 17 evidenciam que as caçambas estão situadas em zonas que acumulam diversos tipos de vulnerabilidade: natural, hídrica, edáfica e à erosão. Santa

Rosa, em especial, está inserida em uma região classificada como de alta prioridade para recuperação ambiental e elevada fragilidade ecológica. A disposição de resíduos em tais áreas agrava processos de degradação, intensifica riscos hidrológicos e compromete a funcionalidade ecológica da APA do Rio Uberaba.

Por fim, à ausência de ações de educação ambiental a persistência de comportamentos inadequados de descarte, também se confirmou. Durante as visitas de campo e a análise das imagens (Figuras 6, 7, 10, 11, 15, 16, 18 e 19), observou-se a prática reiterada de deposição de resíduos fora das caçambas, inclusive com queima de materiais, conduta que configura crime ambiental, conforme a Lei nº 9.605/1998. A ausência de campanhas de sensibilização, a inexistência de placas educativas e a falta de monitoramento por dispositivos eletrônicos contribuem para a perpetuação de um comportamento social permissivo quanto ao descarte irregular. Nesse sentido, a educação ambiental emerge como uma ferramenta estruturante e imprescindível para a mudança de paradigma, conforme defendido por de Freitas et al. (2019) e Silveira e Ribeiro (2021).

Em síntese, o estudo aponta para a urgência de uma reestruturação do modelo atual de gestão de resíduos sólidos nas áreas rurais e periurbanas de Uberaba-MG. As soluções passam, necessariamente, por uma abordagem sistêmica que envolva: (i) ampliação da infraestrutura de coleta com base em critérios geotécnicos e socioambientais; (ii) planejamento sazonal da logística de recolhimento; (iii) integração entre informações geográficas e planejamento urbano e (iv) institucionalização de programas permanentes de educação ambiental. Reforça-se, assim, que o enfrentamento do descarte irregular não se resume à coleta, mas exige uma leitura territorial integrada, sensível às dinâmicas ecológicas e sociais locais.

## REFERÊNCIAS

ABRELPE – ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE EMPRESAS DE LIMPEZA PÚBLICA E RESÍDUOS ESPECIAIS. **Panorama dos resíduos sólidos no Brasil**. São Paulo: ABRELPE, 2022.

ABREMA - ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE RESÍDUOS E MEIO AMBIENTE. **Panorama dos resíduos sólidos no Brasil**. São Paulo: ABREMA, 2024.

ALVARENGA, J. C. F. Gerenciamento de resíduos sólidos urbanos: uma análise da distribuição espacial dos pontos de entrega voluntária de material reciclável em Viçosa/MG. **Revista Políticas & Cidades**, Viçosa, v. 1, n. 1, p. 51-73, jan./abr. 2015.

ALVES, V. H. S.; COELHO, B. L. Avaliação do gerenciamento de resíduos da construção civil do município de Uberaba, Minas Gerais. **Revista Brasileira de Ciência, Tecnologia e Inovação**, v. 6, n. 2, p. 37-52, 2021.

ARAÚJO, C. F. et al. Resíduos sólidos domiciliares rurais no Brasil: composição gravimétrica e destinação final. 2020. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Engenharia Civil e Ambiental) - Universidade Federal de Goiás, Goiânia, 2020. Disponível em: <https://sanrural.ufg.br/wp-content/uploads/2020/07/GRUPO-30.pdf>. Acesso em: 30 maio 2025.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 10004: resíduos sólidos - classificação**. Rio de Janeiro: ABNT, 2004.

BILUCA, J.; AGUIAR, C. R.; TROJAN, F. Sorting of suitable areas for disposal of construction and demolition waste using GIS and ELECTRE TRI. **Waste Management**, v. 114, p. 307-320, 2020. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.wasman.2020.07.007>. Acesso em: 7 jun. 2025.

BRASIL. **Lei nº 9.795, de 27 de abril de 1999**. Dispõe sobre a educação ambiental, institui a Política Nacional de Educação Ambiental e dá outras providências. Diário Oficial [da] República Federativa do Brasil, Brasília, DF, 28 abr. 1999.

BRASIL. **Lei nº 12.305, de 2 de agosto de 2010**. Institui a Política Nacional de Resíduos Sólidos; altera a Lei nº 9.605, de 12 de fevereiro de 1998; e dá outras providências. Diário Oficial [da] República Federativa do Brasil, Brasília, DF, 3 ago. 2010.

CACONDE. **Caçambas de lixo na área rural enfrentam desafios**. Caconde, 2025. Disponível em: [https://caconde.sp.gov.br/?menu=noticia\\_detalhe&id=4241](https://caconde.sp.gov.br/?menu=noticia_detalhe&id=4241). Acesso em: 28 maio 2025.

CAMPOS, J. A. et al. Environmental fragility and vegetation cover dynamics in the Lapa Grande State Park, MG, Brazil. **Anais da Academia Brasileira de Ciências**, v. 91, e20170940, 2019. Disponível em: <https://doi.org/10.1590/0001-3765201920170940>. Acesso em: 7 jun. 2025.

COSTA, B. S.; DIZ, J. B. M.; OLIVEIRA, M. L. Cultura de consumismo e geração de resíduos. **Revista Brasileira de Estudos Políticos**, [S. l.], 2018.

CHRISTMANN, I. F.; BASSAN, D. S. A importância da gestão integrada dos resíduos sólidos: o caso das cargas de resíduos domiciliares rurais de Santa Cruz do Sul - RS. **Polêmica**, v. 20, n. 1, 2021. Disponível em: <https://doi.org/10.12957/polemica.2020.63487>. Acesso em: 7 jun. 2025.

FREITAS, L. V. P. et al. Educação ambiental aplicada aos resíduos sólidos em uma comunidade rural no estado de Minas Gerais, Brasil. **Nature and Conservation**, v. 12, n. 2, p. 88-95, 2019.

DIAS, L. N. N.; ANDRADE, A. M. Uso de geoprocessamento para indicar áreas favoráveis para a construção de aterros sanitários no município de Diamantina (MG). **Revista Geográfica Acadêmica**, v. 14, n. 2, p. 88-99, 2020.

FAITA, M. M.; SARMENTO, L. A. V. Gestão dos resíduos da construção civil: estudo de caso em Uberaba. **Colloquium Exactarum**, v. 7, n. 3, p. 26-35, 2015.

FERREIRA, E. S. et al. A problemática dos impactos ambientais decorrentes da disposição irregular dos resíduos sólidos urbanos, na sede do município de Autazes - Amazonas. **Revista Foco**, v. 17, n. 10, e6634, 2024. Disponível em: <https://doi.org/10.54751/revistafoco.v17n10-140>. Acesso em: 7 jun. 2025.

FIRMANSYAH, F. et al. Variation in municipal solid waste generation and management across time and space. **Resources, Conservation & Recycling**, v. 204, 107472, 2024. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.resconrec.2024.107472>. Acesso em: 7 jun. 2025.

FREIRE, E. A. et al. A problemática da destinação dos resíduos sólidos no território rural: o caso do Sítio Boi Morto. **Ciência e Sustentabilidade**, v. 2, n. 2, p. 51-62, 2016.

GOMES, H. J. P.; MEDINA, P. Educação ambiental na escola: uma ação educativa visando o destino correto dos resíduos sólidos. **Revista Monografias Ambientais**, v. 17, e13, 2019. Disponível em: <https://doi.org/10.5902/2236130831822>. Acesso em: 7 jun. 2025.

IDE-SISEMA. **Infraestrutura de Dados Espaciais do Sistema Estadual de Meio Ambiente e Recursos Hídricos**. Belo Horizonte: IDE-Sisema, 2025. Disponível em: <https://idesisema.meioambiente.mg.gov.br/webgis>. Acesso em: 28 maio 2025.

JM ONLINE. **Prefeitura retira 72m<sup>3</sup> de resíduos descartados irregularmente às margens da LMG-798**. 2025. Disponível em: <https://jmonline.com.br/cidade/prefeitura-retira-72m-de-residuos-descartados-irregularmente-as-margens-da-lmg-798-1.495786>. Acesso em: 28 maio 2025.

LEME, S. M. Comportamento da população urbana no manejo dos resíduos sólidos domiciliares em Aquidauana-MS. **Geografia (Londrina)**, v. 18, n. 1, p. 154-192, 2009. Disponível em: <https://doi.org/10.5433/2447-1747.2009v18n1p154>. Acesso em: 7 jun. 2025.

MENEZES, R. O. et al. Análise estatística da caracterização gravimétrica de resíduos sólidos domiciliares: estudo de caso do município de Juiz de Fora, Minas Gerais. **Engenharia Sanitária e Ambiental**, v. 24, n. 2, p. 271-282, 2019.

MEZA MORI, G. et al. Spatial analysis of environmentally sensitive areas to soil degradation using MEDALUS model and GIS in Amazonas (Peru): an alternative for ecological restoration. **Sustainability**, v. 14, n. 22, 14866, 2022. Disponível em: <https://doi.org/10.3390/su142214866>. Acesso em: 7 jun. 2025.

MINAS GERAIS. **Constituição do Estado de Minas Gerais**. 32. ed. Belo Horizonte: Assembleia Legislativa do Estado de Minas Gerais, 2023.

OLIVEIRA-ANDREOLI, E. Z. et al. Multi-temporal analysis of land use land cover interference in environmental fragility in a Mesozoic basin, southeastern Brazil. **Groundwater for Sustainable Development**, v. 12, 100536, 2021. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.gsd.2020.100536>. Acesso em: 7 jun. 2025.

PATWA, A. et al. Solid waste characterization and treatment technologies in rural areas: an Indian and international review. **Environmental Technology & Innovation**, v. 20, 101066, 2020. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.eti.2020.101066>. Acesso em: 7 jun. 2025.

PEREIRA, G. O. T. et al. Associações entre grau de instrução e renda no comportamento de separação de materiais recicláveis dos munícipes de Ilha Solteira-SP. **Revista Brasileira de Engenharia de Biosistemas**, v. 6, n. 1, p. 18-29, 2012. Disponível em: <https://doi.org/10.18011/bioeng2012v6n1p18-29>. Acesso em: 7 jun. 2025.

PONTES, T. et al. Caracterização do descarte de resíduos e uso da água em propriedades rurais de um município paulista. **Tekhne e Logos**, v. 14, n. 1, 2023.

QGIS DEVELOPMENT TEAM. **QGIS Geographic Information System**. [S. l.]: Open Source Geospatial Foundation, 2025. Disponível em: <https://qgis.org>. Acesso em: 24 maio 2025.

SILVA, C. S. S. et al. Análise histórica da geração, coleta e destinação dos resíduos sólidos urbanos no Brasil. **Revista Tecnologia e Sociedade**, v. 16, n. 41, p. 125-141, 2020. Disponível em: <https://doi.org/10.3895/rts.v16n41.11815>. Acesso em: 7 jun. 2025.

SILVEIRA, M. A.; RIBEIRO, K. D. Desafios no cumprimento da Política de Educação Ambiental voltado ao Gerenciamento de Resíduos Sólidos na cidade de Formiga (Minas Gerais). **Educação Ambiental (Brasil)**, v. 2, n. 1, 2021.

STEINHOFF-WRZEŚNIEWSKA, A. The pilot study of characteristics of household waste generated in suburban parts of rural areas. **Journal of Ecological Engineering**, v. 16, n. 4, p. 92-100, 2015. Disponível em: <https://doi.org/10.12911/22998993/1862>. Acesso em: 7 jun. 2025.

TEIXEIRA, S.; FERNANDES, A. C. Destinação de resíduos sólidos de uma comunidade na zona rural de Xapuri - AC. **Revista Mundi Meio Ambiente e Agrárias**, v. 1, n. 1, p. 31-45, 2014. Disponível em: <https://revistas.ifpr.edu.br/index.php/mundimaa/article/view/618/441>. Acesso em: 7 jun. 2025.

TRIASI, M. et al. Determination of residual municipal solid waste composition from rural and urban areas: a step toward the optimization of a waste management system for efficient material recovery. **Sustainability**, v. 15, n. 18, 13378, 2023. Disponível em: <https://doi.org/10.3390/su151813378>. Acesso em: 7 jun. 2025.

UBERABA. **Lei nº 12.909, de 7 de agosto de 2018**. Institui a Política Municipal de Resíduos Sólidos e dá outras providências. Uberaba: Prefeitura Municipal, 2018.

UBERABA. **Decreto nº 701, de 18 de junho de 2021**. Regulamenta a Lei Municipal nº 10.967, de 15 de Dezembro de 2008, Institui os Programas "Cata-Treco" e "Ecoponto", e dá outras providências. Uberaba: Prefeitura Municipal, 2021.

UBERABA. **Lei Complementar nº 389, de 11 de dezembro de 2008**. Institui O Código do Meio Ambiente do Município de Uberaba, e dá outras providências. Uberaba: Prefeitura Municipal, 2008.

VALADÃO, B. A. L. et al. Conceituação, separação e destinação dos resíduos sólidos: conscientização nas escolas. **Revista Foco**, v. 16, n. 12, e3868, 2023. Disponível em: <https://doi.org/10.54751/revistafoco.v16n12-059>. Acesso em: 7 jun. 2025.

# CAPÍTULO V

## NOVA REGULAMENTAÇÃO DE AGROTÓXICOS: UM OLHAR COMPARATIVO ENTRE BRASIL E UNIÃO EUROPEIA SOBRE OS IMPACTOS DOS AGROTÓXICOS PARA PRODUÇÃO DE ALIMENTOS

DOI: 10.51859/ampla.aca007.1125-5

Ana Carulina Oliveira Ferreira <sup>1</sup>

Aparecida Maria Xenofonte Pereira Valle <sup>2</sup>

Magda Stella de Melo Martins <sup>3</sup>

<sup>1</sup>Pós-graduando do curso de Gestão Ambiental do Instituto Federal do Triângulo Mineiro – campus Uberaba E-mail: ana\_carulinaferreira@hotmail.com

<sup>2</sup>Professora Dra. do Programa de Pós-Graduação lato sensu na área Ambiental, Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Triângulo Mineiro – campus Uberaba, E-mail: aparecida@iftm.edu.br.

<sup>3</sup>Professora Dra. do Programa de Pós-Graduação lato sensu na área Ambiental, Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Triângulo Mineiro – campus Uberaba, E-mail: magda@iftm.edu.br.

### RESUMO

Este trabalho analisa os impactos da nova regulamentação de agrotóxicos no Brasil, especialmente após a promulgação da Lei nº 14.785/2023, comparando-a com as diretrizes adotadas pela União Europeia. A pesquisa busca compreender as implicações legais, ambientais e comerciais do uso de substâncias como glifosato, mancozebe e carbendazim e outras. Foram utilizadas fontes acadêmicas, incluindo artigos científicos com DOI, relatórios oficiais e publicações de organismos internacionais. A metodologia baseia-se em pesquisa documental e bibliográfica, com análise comparativa entre os marcos regulatórios. Os resultados apontam diferenças significativas entre Brasil e União Europeia em relação aos limites máximos de resíduos, critérios de avaliação de risco e substâncias permitidas. Conclui-se que, embora o Brasil avance em modernização normativa, sua legislação ainda apresenta fragilidades diante das exigências internacionais, com impactos na saúde pública, no meio ambiente e no comércio exterior.

Palavras-chave: Agrotóxicos. Regulamentação. União Europeia. Brasil. Saúde ambiental.

### 1. INTRODUÇÃO

O modelo agrícola adotado pelo agronegócio no Brasil, fortemente dependente de produtos químicos, tem exposto a sociedade a agrotóxicos que, de acordo com diversos estudos, estão associados a sérios riscos para a saúde humana e para o meio ambiente. “A regulação e o uso de agrotóxicos no país não ocorrem de forma neutra ou meramente técnica, mas resultam de conflitos e disputas entre diferentes projetos de desenvolvimento e grupos sociais com distintas posições de poder e interesses econômicos.” (PORTO; SOARES, 2018, p. 3)

Para Rodrigues et al. (2021), embora o uso de agrotóxicos possa aumentar a produtividade nas lavouras, seu uso intensivo gera consequências negativas, bem documentadas na literatura especializada, o que evidencia uma falha de mercado no setor. Isso

torna fundamental uma regulamentação que equilibre a eficiência agronômica com a proteção da saúde pública e do meio ambiente.

Segundo Lopes (2018), nos últimos anos, o uso de agrotóxicos, pesticidas e fertilizantes no Brasil tem aumentado de forma significativa, levantando preocupações quanto a sustentabilidade ambiental e a segurança dos alimentos que chegam às nossas mesas.

Restrições mais rigorosas são, portanto, essenciais para minimizar os danos à saúde e ao meio ambiente e para atender as demandas de consumidores, tanto no Brasil quanto no exterior. O rigor da regulação dos agrotóxicos no país, no entanto, está diretamente ligado a força política e econômica dos grupos agrícolas que dominam esse setor (Lignani; Brandão, 2022).

Sendo assim, este trabalho pretende analisar os impactos da nova regulamentação de agrotóxicos no Brasil, especialmente após a promulgação da Lei nº 14.785/2023, comparando-a com as diretrizes adotadas pela União Europeia e seus impactos na saúde humana.

## **2. METODOLOGIA**

A metodologia adotada neste estudo é de natureza qualitativa, descritiva e transversal, adequada à investigação comparativa das práticas regulatórias e do uso de agrotóxicos no Brasil e na União Europeia, com foco nas modificações legislativas mais recentes. A abordagem foi estruturada com base em três eixos principais: pesquisa documental, pesquisa bibliográfica e análise comparativa.

A pesquisa documental compreendeu a análise de normas infraconstitucionais brasileiras, como as Leis nº 14.785/2023 e nº 7.802/1989, além de decretos, resoluções e atos normativos emitidos por órgãos como o Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento (MAPA), a Agência Nacional de Vigilância Sanitária (ANVISA) e o Instituto Brasileiro do Meio Ambiente e dos Recursos Naturais Renováveis (IBAMA). No plano internacional, foram examinadas as diretrizes do Regulamento REACH, bem como resoluções e relatórios técnicos do Parlamento Europeu. Também foram consideradas decisões do Supremo Tribunal Federal (STF) e documentos técnicos dessas instituições.

Na pesquisa bibliográfica, foi realizada uma revisão sistemática de literatura científica indexada em bases como Scopus, SciELO, PubMed e Web of Science. Foram selecionados estudos que abordam os efeitos dos agrotóxicos na saúde humana e no meio ambiente, com preferência por publicações com revisão por pares e identificador DOI. Os descritores utilizados incluíram: "pesticides", "Brazil", "European Union", "glyphosate", "mancozeb", "carbendazim", "public health" e "environmental regulation".

A análise comparativa envolveu a construção de quadros analíticos sobre os principais agrotóxicos permitidos no Brasil e na União Europeia, como o glifosato, mancozebe e carbendazim. Foram considerados aspectos como os limites máximos de resíduos (LMRs), critérios de classificação toxicológica, restrições regulatórias, práticas de fiscalização, contaminação de solo, água e ar, e a incidência de doenças relacionadas à exposição aos agrotóxicos. Também foram analisados os impactos econômicos decorrentes da discrepância normativa, especialmente no tocante às barreiras comerciais para produtos agrícolas brasileiros.

As informações foram tratadas de forma crítica, com triangulação entre fontes acadêmicas, jurídicas e institucionais, como forma de mitigar limitações como acesso restrito a documentos e variabilidade dos dados. A coleta de dados priorizou o período de 2011 a 2017, período com maior densidade de publicações relevantes.

A escolha dessa metodologia visou garantir rigor analítico na comparação dos marcos regulatórios, a seleção de estudos focou especialmente o período entre 2011 e 2023, por concentrar o maior volume de pesquisas relevantes sobre o tema.

### **3. RESULTADOS E DISCUSSÃO**

Os agrotóxicos são compostos químicos amplamente utilizados para a eliminação de pragas que atacam culturas agrícolas. Segundo Andrades e Ganimi (2007), seu surgimento está associado ao período pós-Primeira Guerra Mundial, quando grandes corporações químicas internacionais passaram a desenvolver agrotóxicos com base em moléculas químicas criadas durante o conflito.

Com a chamada Revolução Verde, na década de 1960, houve uma disseminação ainda maior desses insumos no setor agrícola. De acordo com os autores, esse movimento foi marcado pela introdução de máquinas, agrotóxicos e sementes geneticamente modificadas, com o objetivo de aumentar a produtividade. A Revolução Verde permanece como um fenômeno influente na vida de inúmeros produtores ao redor do mundo, impactando significativamente as práticas agrícolas contemporâneas.

O uso de agrotóxicos no Brasil foi inicialmente regulamentado pela Lei nº 7.802, de 1989. Essa legislação representou um marco importante no controle desses produtos no setor do agronegócio, tendo sido posteriormente regulamentada pelo Decreto nº 4.074, de 4 de janeiro de 2002, o qual define agrotóxicos e produtos afins como (Brasil, 2002).

a) os produtos e os agentes de processos físicos, químicos ou biológicos, destinados ao uso nos sectores de produção, no armazenamento e beneficiamento de produtos

agrícolas, nas pastagens, na proteção de florestas, nativas ou implantadas, e de outros ecossistemas e também de ambientes urbanos, hídricos e industriais, cuja finalidade seja alterar a composição da flora ou da fauna, a fim de preservá-las da ação danosa de seres vivos considerados nocivos;

b) substâncias e produtos, empregados como desfolhantes, dessecantes, estimuladores e inibidores de crescimento. (Brasil, 2002).

Segundo a Anvisa 2018, Agrotóxico é o termo legal, definido na Lei 7802/89, também chamada Lei de Agrotóxicos. Os agrotóxicos possuem várias Classes Agronômicas: inseticidas (controle de insetos), acaricidas (ácaros), nematicidas (nematóides), fungicidas (fungos), herbicidas (plantas daninhas), reguladores de crescimento, entre outras.

A promulgação da Lei nº 14.785, de 27 de dezembro de 2023, trouxe mudanças significativas ao marco regulatório dos agrotóxicos no Brasil. Essa nova legislação substitui a Lei nº 7.802/1989 e introduz várias alterações importantes.

O principal objetivo da legislação é proteger as culturas agrícolas e as pastagens contra pragas e doenças, ao mesmo tempo que busca melhorar a produção agrícola e garantir a saúde pública. (Brasil, 2023). Nesse sentido, a lei enfatiza a necessidade de uma abordagem que minimize riscos para a saúde humana e o meio ambiente, incorporando critérios mais rigorosos de avaliação de risco, mas sem deixar de destacar os benefícios do uso adequado dos agrotóxicos (Brasil, 2023)

A abrangência da Lei nº 14.785/2023 é outro ponto de destaque, pois cobre não apenas os produtos químicos tradicionais, mas também agentes biológicos e outros tipos utilizados para o controle de pragas e doenças em plantas. Essa definição ampla reflete a intenção de modernizar o marco regulatório, alinhando-o aos padrões internacionais e às demandas contemporâneas do setor agrícola (Brasil, 2023).

### 3.1. Responsabilidade legal

O processo de avaliação e registro de agrotóxicos no Brasil envolve três órgãos federais (figura 1), em um sistema de análise técnica tripartite. O Ministério da Saúde, por meio da delegação à Agência Nacional de Vigilância Sanitária (ANVISA), é responsável pela avaliação toxicológica dos produtos, considerando os riscos à saúde humana. De modo análogo, o Ministério do Meio Ambiente atribui ao Instituto Brasileiro do Meio Ambiente e dos Recursos Naturais Renováveis (IBAMA) a incumbência de realizar a avaliação ecotoxicológica, verificando os impactos ambientais decorrentes do uso das substâncias. Já o Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento (MAPA) responde pela avaliação da eficácia agronômica,

analisando a relação custo-benefício da substância no contexto da produção agropecuária (Brasil, 2002).

Essas avaliações são realizadas de forma independente por cada órgão, compondo a chamada tripla análise. Uma vez concluída essa etapa, o processo é encaminhado ao Comitê Técnico de Assessoramento de Agrotóxicos (CTA), instituído pelo Decreto nº 4.074, de 4 de janeiro de 2002, que tem por finalidade racionalizar e harmonizar os procedimentos técnico-científicos e administrativos aplicados ao registro de agrotóxicos, seus componentes e afins. Cabe também ao Comitê propor a adoção de novas tecnologias aplicáveis à análise, fiscalização e controle de produtos dessa natureza (Brasil, 2002).

O CTA atua como órgão assessor dos ministérios envolvidos, especialmente no tocante à concessão de registros de uso emergencial e ao estabelecimento de diretrizes e medidas destinadas à mitigação dos efeitos adversos à saúde humana e ao meio ambiente. Os membros oficiais do comitê são indicados pelos ministros da Agricultura, da Saúde e do Meio Ambiente, e as reuniões ocorrem conforme cronograma anual, podendo ser convocadas extraordinariamente diante de demandas urgentes (Brasil, 2002).

Figura 1 - Fluxograma de registro de agrotóxicos no Brasil.



Fonte: MAPA, 2012.

### 3.2. Mudanças propostas na lei que regulariza os agrotóxicos e a promulgação da Lei 14.785/2023

Após mais de duas décadas de discussões no Congresso Nacional, o Projeto de Lei nº 1.459, de 2022, foi convertido na Lei nº 14.785, de 27 de dezembro de 2023. Essa nova legislação revogou a antiga Lei nº 7.802, de 1989, que por mais de três décadas regulava o uso

de agrotóxicos no país. A promulgação da nova norma representa uma reestruturação substancial do marco regulatório brasileiro, influenciada por demandas do setor agropecuário, além de preocupações relacionadas à saúde pública e ao meio ambiente (Silva et al., 2023). A promulgação da Lei nº 14.785/2023 representa uma profunda reformulação normativa, resultado de pressões do setor agroindustrial e de debates envolvendo os riscos ambientais e à saúde pública associados ao uso intensivo de defensivos agrícolas (Silva et al., 2023).

Segundo Pereira e Almeida (2024) entre as principais inovações está a implementação de prazos máximos para a análise de pedidos de registro de agrotóxicos, variando de 30 dias a dois anos, dependendo da categoria do produto. Anteriormente, o prazo para análise de novos produtos técnicos era de 36 meses, conforme o Decreto nº 4.074/2002. Com a nova lei, esse prazo foi reduzido para 24 meses, sem a previsão de aprovação tácita em caso de decurso do prazo, um ajuste que visa agilizar os processos regulatórios sem comprometer a segurança.

A Lei nº 14.785/2023 também altera significativamente os critérios para o registro de agrotóxicos. Para Mendes et al. (2023), o registro será negado apenas em casos em que há "risco inaceitável" para seres humanos ou para o meio ambiente, mesmo após a aplicação de medidas de mitigação. Isso representa uma mudança em relação à legislação anterior, que utilizava critérios mais restritivos baseados no conceito de "perigo", como a presença de propriedades teratogênicas, carcinogênicas ou mutagênicas.

Além disso, Napoleão (2024) argumenta que a nova legislação introduz um regime mais severo de sanções administrativas e penais. As multas agora variam de R\$ 2.000,00 a R\$ 2.000.000,00, podendo ser duplicadas em caso de reincidência, e sanções penais incluem penas de reclusão de três a nove anos para a produção, armazenamento, transporte, importação, uso ou comercialização de agrotóxicos não registrados.

Do ponto de vista da gestão ambiental, a promulgação da Lei nº 14.785/2023 deve ser analisada com cautela técnica, considerando os múltiplos interesses envolvidos no processo de revisão normativa. Embora a proposta apresente avanços em termos de modernização administrativa, como a estipulação de prazos para análise de registros e a reformulação das sanções, a mudança do critério de "perigo" para "risco inaceitável" exige atenção quanto à efetividade das medidas de mitigação adotadas. A flexibilização de critérios regulatórios pode impactar negativamente o controle ambiental preventivo, sobretudo em contextos nos quais a capacidade de fiscalização ainda é limitada. É necessário reconhecer a importância do equilíbrio entre produtividade agrícola e salvaguardas ambientais, orientando-se por evidências técnicas e pelos princípios da precaução, sustentabilidade e proteção à saúde pública.

### 3.3. Legislação Europeia

A legislação da União Europeia (UE) referente a produtos químicos e pesticidas visa proteger a saúde humana e o meio ambiente, além de reduzir barreiras ao comércio. Conforme descrito pela Comunidade Europeia (2009), essa legislação inclui regras que regem a comercialização e utilização de produtos químicos, restrições harmonizadas para substâncias perigosas e protocolos para acidentes graves e exportações de substâncias perigosas. Recentemente, essas normas estão sendo revisadas no contexto do Pacto Ecológico Europeu e de estratégias como sustentabilidade dos produtos químicos e biodiversidade (Comunidade Europeia, 2020).

Desde a entrada em vigor do Regulamento nº 1907/2006 (REACH) em 1º de junho de 2007, foi estabelecido um quadro normativo único para registro, avaliação, autorização e restrição de produtos químicos, substituindo cerca de 40 atos legislativos anteriores. Segundo a Agência Europeia dos Produtos Químicos (ECHA), criada por esse regulamento, o REACH transferiu o ônus da prova para as empresas, exigindo a substituição de produtos químicos perigosos por alternativas seguras sempre que possível (ECHA, 2007).

As revisões realizadas em 2013 e 2017 concluíram que o REACH foi eficaz, mas indicaram a necessidade de reduzir encargos financeiros e administrativos para as indústrias. Essas ações foram alinhadas ao plano de economia circular e ao programa de ação ambiental da UE (Comunidade Europeia, 2017). A partir de junho de 2018, todas as indústrias passaram a ser obrigadas a registrar substâncias produzidas ou importadas em quantidades entre 1 e 100 toneladas por ano (ECHA, 2018).

Em outubro de 2020, a Comissão Europeia publicou uma nova estratégia para a sustentabilidade dos produtos químicos, como parte da ambição de poluição zero do Pacto Ecológico Europeu. Essa estratégia inclui a revisão do REACH para proibir produtos químicos perigosos em itens de consumo, como brinquedos e cosméticos, salvo se considerados essenciais (Comunidade Europeia, 2020).

O Parlamento Europeu teve um papel central na aprovação do Regulamento REACH, contribuindo para a obrigatoriedade do compartilhamento de dados de ensaios em animais, com o objetivo de evitar testes duplicados e reduzir o uso de animais em experimentações. Embora o incentivo à substituição de substâncias perigosas por alternativas seguras já estivesse previsto no texto do regulamento, o Parlamento também pressionou por maior proteção à saúde humana, especialmente de grupos vulneráveis (PARLAMENTO EUROPEU, 2006).

Em 2018, foi criada a Comissão Especial PEST, com o objetivo de revisar a autorização de pesticidas, em especial do herbicida glifosato, que continua sendo alvo de estudos sobre sua carcinogenicidade (Parlamento Europeu, 2019). Em 2020, o Parlamento aprovou uma resolução priorizando a coerência entre as legislações ambientais e de segurança no trabalho (Parlamento Europeu, 2020).

Em janeiro de 2022, a Comissão Europeia iniciou uma consulta pública para revisão do Regulamento REACH, reforçando o compromisso com a sustentabilidade e a segurança química global (Comunidade Europeia, 2022).

À vista disso, o modelo regulatório adotado pela União Europeia destaca-se pela integração entre segurança química, proteção ambiental e saúde pública. O Regulamento REACH, ao estabelecer a responsabilidade das indústrias na demonstração da segurança de suas substâncias e ao promover a substituição progressiva de compostos perigosos por alternativas mais seguras, representa um avanço técnico no controle de substâncias químicas. Além disso, os mecanismos de revisão contínua e a incorporação de estratégias como o Pacto Ecológico Europeu e a economia circular demonstram um compromisso sistêmico com a sustentabilidade. A experiência europeia oferece parâmetros relevantes para o aprimoramento das políticas nacionais, sobretudo no que se refere à articulação entre inovação tecnológica, avaliação de riscos e preservação ambiental. A adoção de medidas preventivas, como a restrição de substâncias de alto risco em produtos de consumo, fortalece a resiliência normativa e contribui para uma governança ambiental mais robusta e alinhada com os desafios globais.

### **3.4. Agrotóxicos e comércio internacional**

Embora o comércio de agrotóxicos envolva relações comerciais globais, o atual quadro regulatório internacional para essas substâncias apresenta lacunas que colocam em risco as populações dos países em desenvolvimento. Conforme apontam autores como Silva e Oliveira (2023), "os agrotóxicos são utilizados e comercializados globalmente na agricultura industrial, mas internacionalmente, apenas uma fração dessas substâncias disponíveis no mercado é regulamentada".

Países da União Europeia, como França, Alemanha, Suécia, Dinamarca e Áustria, adotam regulamentações significativamente mais rigorosas em relação ao uso de agrotóxicos, destacando-se a proibição de substâncias como o glifosato, paraquate e carbendazim (Universidade Federal Do Paraná, 2025).

De acordo com relatório do PAN Europe (2022), essas nações vêm reforçando políticas de substituição de substâncias perigosas por alternativas menos nocivas, em conformidade com

o princípio da precaução. Essa postura evidencia uma assimetria normativa entre países do Norte Global e do Sul Global, sendo que os primeiros impõem restrições mais severas a substâncias potencialmente tóxicas, mesmo quando essas são produzidas internamente, enquanto os países em desenvolvimento mantêm legislações mais permissivas. Conforme analisam Santos e Lima (2021), tal disparidade configura uma prática conhecida como "colonialismo químico", na qual compostos rejeitados por países desenvolvidos são exportados para regiões com regulamentações frágeis, gerando impactos desproporcionais sobre populações vulneráveis e ecossistemas menos protegidos.

O mercado global de agrotóxicos movimentou aproximadamente US\$ 78,2 bilhões em 2022, sendo que um terço desse valor foi controlado por empresas sediadas na União Europeia (International Pesticide Data, 2022). Contudo, como demonstram diversos estudos, essas substâncias causam graves impactos à saúde humana e ao meio ambiente (Rodrigues et al., 2020).

Essa postura representa um esforço concreto de integração entre saúde pública, proteção ambiental e responsabilidade socioeconômica, diferentemente do que se observa em diversos países do Sul Global, onde há maior flexibilidade normativa. Essa assimetria regulatória, conforme aponta Silva e Oliveira (2023), contribui para o fenômeno do colonialismo químico, no qual países exportadores mantêm padrões internos elevados enquanto destinam substâncias mais perigosas a mercados com regulamentações frágeis. Tais discrepâncias exigem atenção especial quanto à equidade normativa e à responsabilidade transnacional na produção, circulação e uso de insumos agrícolas, especialmente diante dos dados que apontam impactos significativos à saúde humana e aos ecossistemas (Rodrigues et al., 2020; International Pesticide Data, 2022).

### **3.5. Agrotóxicos Brasil x União Europeia**

Pesquisas realizadas por diversos autores apontam discrepâncias entre as concentrações permitidas de resíduos de agrotóxicos nos alimentos e os impactos gerados na saúde humana e no ambiente. No Brasil, a recente flexibilização das legislações, como a Lei nº 14.785/2023, resultou em um aumento na liberação de certos produtos e, consequentemente, em maiores concentrações de resíduos nos alimentos. Tal movimento contrasta com a tendência europeia de endurecimento dos controles e da aplicação do princípio da precaução (EFSA, 2023; Bombardi, 2017).

Do ponto de vista ambiental, estudos apontam a persistência de resíduos de agrotóxicos em águas superficiais, solos e organismos aquáticos (Lopes e Albuquerque, 2018; Campos-

Garcia et al., 2016). A contaminação de alimentos também é preocupante: segundo dados do Programa de Análise de Resíduos de Agrotóxicos em Alimentos (PARA), mais de 40% das amostras de frutas e hortaliças analisadas entre 2013 e 2015 apresentaram resíduos acima do permitido ou continham substâncias não autorizadas (ANVISA, 2016; Jardim e Caldas, 2009).

Além disso, a flexibilização regulatória pode comprometer a competitividade do agronegócio brasileiro no mercado internacional, considerando que produtos exportados precisam atender aos padrões de segurança alimentar dos países importadores, como os da União Europeia.

Quadro 1 – Agrotóxicos utilizados no Brasil e na União Europeia, considerando seu uso, regulamentação e impactos à saúde e ao meio ambiente.

| Agrotóxico  | Regulamentação no Brasil                           | Regulamentação na União Europeia                       | Impactos à Saúde e ao Meio Ambiente                                        |
|-------------|----------------------------------------------------|--------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------|
| Glifosato   | Permitido. LMR na soja: 10 mg/kg (ANVISA, 2022).   | Permitido com restrições. LMR: 0,1 mg/kg (EFSA, 2023). | Possível carcinogênico; contaminação de água e solo (IARC, 2015).          |
| Mancozebe   | Permitido. LMR no tomate: 3 mg/kg (ANVISA, 2022).  | Proibido desde 2021 (Regulamento (UE) 2020/2087).      | Tóxico para reprodução; afeta sistema endócrino (EFSA, 2020).              |
| Carbendazim | Permitido. LMR na laranja: 2 mg/kg (ANVISA, 2022). | Banido desde 2014. LMR: 0,01 mg/kg (EFSA, 2014).       | Mutagênico; tóxico para organismos aquáticos (Campos-Garcia et al., 2016). |

Fonte: Elaborado pela autora com base em ANVISA (2022), EFSA (2023), IARC (2015), e Campos-Garcia et al. (2016).

A comparação regulatória revela que a União Europeia adota critérios mais rigorosos, banindo substâncias como o mancozebe e o carbendazim, enquanto o Brasil ainda permite seu uso. O glifosato, embora permitido em ambos os contextos, possui limite muito superior no Brasil, mesmo diante de estudos que o associam a distúrbios hormonais e câncer (IARC, 2015).

A Lei nº 14.785/2023 trouxe mudanças importantes, como a substituição do critério de “perigo” pelo de “risco inaceitável” e a definição de prazos para o registro de produtos. Contudo, especialistas alertam que tais alterações podem resultar em flexibilizações excessivas, facilitando a aprovação de substâncias perigosas (MPF, 2023; Bombardi, 2017).

A análise demonstra que, embora o Brasil tenha avançado em alguns aspectos técnicos e institucionais, ainda adota uma abordagem permissiva frente a evidências científicas consolidadas acerca dos riscos associados ao uso de agrotóxicos. Nesse contexto, torna-se essencial revisar a política regulatória nacional à luz do princípio da precaução e dos compromissos internacionais firmados pelo país em defesa da saúde pública e da sustentabilidade ambiental.

Quadro 2 – Comparativo de aspectos legais e técnicos dos agrotóxicos no Brasil e na União Europeia.

| Aspecto                        | Brasil                                                        | União Europeia                                                                  |
|--------------------------------|---------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------|
| Legislação recente             | Lei nº 14.785/2023: flexibiliza registro e critérios técnicos | Regulamento (CE) nº 396/2005: mantém limites rígidos e controle estrito         |
| Limites máximos de resíduos    | LMRs mais elevados em comparação com a UE                     | 96,3% das amostras estavam abaixo dos LMRs em 2022 (EFSA, 2023)                 |
| Fiscalização e controle        | Fiscalização descentralizada; misturas de até 21 resíduos     | Sistema nacional de controle e vigilância ativa; 0,9% de amostras não conformes |
| Impactos à saúde e ao ambiente | Contaminação de rios, solos e alimentos                       | Riscos à biodiversidade e à saúde humana são mais controlados                   |

Fonte: Elaborado pela autora com base em ANVISA (2022), EFSA (2023) e MPF (2023).

A Lei nº 14.785/2023 introduziu inovações como a fixação de prazos para o registro de produtos e a substituição do critério de “perigo” pelo de “risco inaceitável”. No entanto, especialistas apontam que essa mudança pode facilitar a aprovação de substâncias potencialmente perigosas (MENDES et al., 2023; PEREIRA e ALMEIDA, 2024).

No campo ambiental, estudos como os de Albuquerque e Lopes (2018) e Campos-Garcia et al. (2016) evidenciam a persistência de resíduos de agrotóxicos em águas superficiais, solos e organismos aquáticos. A contaminação de alimentos também se mostra preocupante: mais de 40% das amostras de frutas e hortaliças analisadas no Brasil apresentavam resíduos acima dos limites permitidos ou com substâncias proibidas (JARDIM e CALDAS, 2009; NAKANO et al., 2015).

Adicionalmente, a flexibilização das normas regulatórias pode comprometer a competitividade dos produtos brasileiros no mercado internacional, tendo em vista que as exportações precisam atender aos padrões técnicos e sanitários de países importadores, especialmente os da União Europeia (EFSA, 2023).

### 3.6. Agrotóxicos e o impacto na saúde humana e no meio ambiente.

O uso de agrotóxicos em larga escala tem despertado crescente preocupação no cenário global, tanto pelos riscos à saúde humana quanto pelos danos ambientais associados. A Organização Mundial da Saúde (WHO, 2021) estima que ocorrem, anualmente, cerca de 385 milhões de intoxicações não intencionais por essas substâncias, resultando em aproximadamente 11 mil mortes. No Brasil, o cenário é igualmente alarmante: ocorre uma morte por intoxicação a cada dois dias, com impactos notórios sobre crianças, adolescentes e trabalhadores rurais (Teixeira et al., 2011).

Estudos epidemiológicos e toxicológicos relacionam a exposição a agrotóxicos a mutações genéticas, câncer, doenças hormonais, respiratórias e neurodegenerativas, como

Alzheimer e Parkinson (Boscolini et al., 2017; Rigotto et al., 2018; Kós et al., 2019; Mata e Ferreira, 2014). Substâncias como os organofosforados, por sua natureza lipossolúvel, atravessam a barreira hematoencefálica e afetam o sistema nervoso central, causando perda de sinapses e morte de neurônios (Mata e Ferreira, 2014). Ainda que o glifosato seja frequentemente classificado como de baixa toxicidade, estudos recentes destacam seu potencial carcinogênico, fato que levou países como o Reino Unido a proibir sua comercialização (IARC, 2015; EFSA, 2017).

Além dos efeitos diretos sobre a saúde, os impactos ambientais são expressivos. A presença de resíduos como o DDT em solos e peixes, mesmo décadas após sua proibição, evidencia a persistência de compostos tóxicos no ambiente (Curado, 2022). Em ambientes aquáticos, substâncias como carbofurano causam alterações fisiológicas em peixes e afetam o comportamento de organismos como girinos e protozoários (Campos-Garcia et al., 2016; Pessoa et al., 2017). Já em áreas agrícolas, a aplicação de produtos como cipermetrina e tiametoxam reduz a biodiversidade ao comprometer a sobrevivência de insetos benéficos, como o *Telenomus podisi*, e polinizadores, como as abelhas (Bellinato et al., 2017; Nakano et al., 2015).

A presença de agrotóxicos em alimentos é outra preocupação crítica. Dados do Programa de Análise de Resíduos de Agrotóxicos em Alimentos (PARA), conduzido pela ANVISA, mostram que 28% das 2.488 amostras analisadas em 2010 estavam fora dos padrões legais, sendo o pimentão o alimento mais contaminado, com 92% das amostras acima do limite máximo permitido (ANVISA, 2011; Mata e Ferreira, 2014). Além disso, o programa avaliou apenas 235 dos cerca de 400 ingredientes ativos registrados no país, não incluindo substâncias amplamente utilizadas, como o glifosato, o que limita a abrangência dos dados (Mata e Ferreira, 2014).

Estudos como os de Jardim et al. (2016) e Araújo et al. (2017) confirmam a presença de resíduos em frutas, vegetais e até mesmo em produtos orgânicos, sugerindo contaminação ambiental difusa. Lima et al. (2017) constataram que alimentos convencionais apresentam maiores concentrações de nitratos e agrotóxicos organoclorados, enquanto os orgânicos demonstram maior teor de fibras e menor carga química.

No campo normativo, três convenções internacionais buscam mitigar os riscos associados: a Convenção de Basileia, que trata do controle de resíduos perigosos; a de Estocolmo, voltada à eliminação de Poluentes Orgânicos Persistentes (POPs); e a de Roterdã, que regula o comércio de substâncias químicas perigosas por meio do consentimento prévio informado (United Nations, 1992; UNEP, 2004; UNEP; FAO, 2004). No entanto, essas

convenções possuem limitações que mantêm desigualdades na exposição entre países desenvolvidos e em desenvolvimento (Silva et al., 2018). Em resposta a essas fragilidades, foi criada, em 2023, a Aliança Internacional para Padronização de Agrotóxicos (IPSA), com o objetivo de estabelecer padrões globais mais equitativos e sustentáveis (International Pesticides Standards Alliance, 2023).

A legislação brasileira também apresenta deficiências importantes. O país permite níveis de resíduos em alimentos até 5.000 vezes superiores aos permitidos na União Europeia e utiliza substâncias já banidas no bloco europeu (Bombardi, 2017; UNEP, 2004). Em contrapartida, a Comissão Europeia tem adotado medidas rigorosas, como a redução dos limites máximos de resíduos de neonicotinoides a níveis quase indetectáveis, com aplicação inclusive a produtos importados (RFI, 2023).

A disparidade entre os marcos regulatórios evidencia abordagens divergentes: enquanto a União Europeia prioriza o princípio da precaução, o Brasil tem flexibilizado suas normas, o que acarreta riscos tanto à saúde humana quanto ao equilíbrio ecológico. Esses elementos reforçam a necessidade urgente de políticas públicas mais rígidas, educação socioambiental, e uma transição agroecológica pautada na redução do uso de substâncias tóxicas.

## 4. CONCLUSÃO

O estudo evidencia que o Brasil, apesar de avanços regulatórios recentes, ainda carece de políticas mais protetivas à saúde humana e ambiental. A comparação com a União Europeia revela um descompasso que pode resultar em barreiras comerciais e aumento dos riscos toxicológicos para a população brasileira.

A comparação das regulamentações entre Brasil e União Europeia evidenciou divergências significativas no controle e uso de agrotóxicos. No Brasil, a legislação recente flexibilizou os critérios para aprovação e uso de substâncias químicas, permitindo compostos já banidos em outras regiões, enquanto na União Europeia predomina uma abordagem mais restritiva, fundamentada no princípio da precaução e na proteção da saúde humana e ambiental. Essa diferença regulatória reflete não apenas prioridades distintas, mas também impactos diretos sobre o meio ambiente, a saúde pública e as dinâmicas de mercado.

Entre as substâncias mais comumente utilizadas no Brasil e na União Europeia, destaca-se o glifosato, cujo limite máximo de resíduos (LMR) na Europa é significativamente menor. Estudos indicam que, enquanto a concentração dessa substância no Brasil frequentemente

excede os padrões europeus em até 400 vezes, a União Europeia mantém restrições rigorosas, visando mitigar os riscos de contaminação ambiental e exposição humana a longo prazo.

O uso intensivo e muitas vezes desregulado de agrotóxicos no Brasil gera barreiras comerciais para exportação, especialmente no mercado europeu, onde produtos brasileiros são frequentemente barrados devido ao não cumprimento dos LMRs estabelecidos. Essa discrepância normativa compromete a competitividade internacional do país e reforça a necessidade de aprimoramento das políticas públicas, incluindo maior padronização dos programas de controle e monitoramento, como o PARA e o PNCRC/Vegetal.

Assim, destaca a necessidade de alinhar a legislação brasileira às práticas internacionais, especialmente no que tange à redução dos LMRs e à substituição de substâncias perigosas por alternativas mais seguras, é imperativo. Essa mudança não apenas protegeria a saúde pública e o meio ambiente, mas também fortaleceria a posição do Brasil no comércio global, atendendo às exigências de mercados altamente regulamentados.

## REFERÊNCIAS

AGÊNCIA EUROPEIA DOS PRODUTOS QUÍMICOS (ECHA). **Sobre o REACH**. 2025. Disponível em: <https://echa.europa.eu/pt/regulations/reach/understanding-reach>. Acesso em: 2 jun. 2025.

AGÊNCIA NACIONAL DE VIGILÂNCIA SANITÁRIA (ANVISA). **Programa de Análise de Resíduos de Agrotóxicos em Alimentos (PARA)**. Brasília: ANVISA, 2011.

AGÊNCIA NACIONAL DE VIGILÂNCIA SANITÁRIA (ANVISA). **Limites máximos de resíduos**. Brasília: ANVISA, 2022. Disponível em: <https://consultas.anvisa.gov.br>. Acesso em: 25 maio 2025.

AGÊNCIA NACIONAL DE VIGILÂNCIA SANITÁRIA (ANVISA). **Monografias de agrotóxicos: glifosato, mancozebe e carbendazim**. Brasília: ANVISA, 2022. Disponível em: <https://www.gov.br/anvisa/pt-br/assuntos/agrotoxicos>. Acesso em: 25 maio 2025.

ANDEF. **Defensivos agrícolas**. 2025. Disponível em: <https://blog.aegro.com.br/defensivos-agricolas/>. Acesso em: 26 maio 2025.

ALBUQUERQUE, A. F.; RIBEIRO, J. S.; KUMMROW, F. Pesticides in Brazilian freshwaters: a critical review. **Environmental Science: Processes & Impacts**, v. 18, n. 7, p. 779-787, 2016. Disponível em: <https://doi.org/10.1039/C6EM00268D>. Acesso em: 26 maio 2025.

ANDRADES, L. A.; GANIMI, M. **Agrotóxicos: impactos na saúde e no meio ambiente**. São Paulo: Cortez, 2007.

ARAÚJO, J. S. et al. Contaminação de alimentos orgânicos por resíduos de agrotóxicos. **Revista Brasileira de Saúde e Produção Animal**, v. 18, n. 1, p. 45-54, 2017.

BANCO MUNDIAL. **Fertilizer consumption (kilograms per hectare of arable land)**. 2025. Disponível em: <https://data.worldbank.org/indicator/AG.CON.FERT.ZS>. Acesso em: 26 maio 2025.

BELLINATO, D. F. et al. Efeitos de inseticidas sobre inimigos naturais em áreas agrícolas. **Arquivos do Instituto Biológico**, v. 84, p. 1-8, 2017.

BOMBARDI, L. M. **Geografia do uso de agrotóxicos no Brasil e conexões com a União Europeia**. São Paulo: FFLCH-USP, 2017.

BONTTEMPO, L. S. et al. Resíduos de DDT em peixes de consumo humano. **Revista Ciência Animal Brasileira**, v. 14, n. 2, p. 154-159, 2013.

BOSCOLINI, A. P. et al. Efeitos do uso de agrotóxicos sobre o DNA de agricultores. **Revista Brasileira de Saúde Ocupacional**, v. 42, e2, 2017. Disponível em: <https://doi.org/10.1590/2317-6369000016116>. Acesso em: 26 maio 2025.

BRASIL. **Lei nº 14.785, de 27 de dezembro de 2023**. Dispõe sobre a produção, o registro, a comercialização, a utilização, o controle, a fiscalização e a pesquisa de agrotóxicos e afins. Diário Oficial da União, Brasília, DF, 28 dez. 2023.

BRASIL. **Lei nº 7.802, de 11 de julho de 1989**. Dispõe sobre a pesquisa, a experimentação, a produção, a embalagem e rotulagem, o transporte, o armazenamento, a comercialização, a propaganda comercial, a utilização, a importação, a exportação, o destino final dos resíduos e embalagens, o registro, a classificação, o controle, a inspeção e a fiscalização de agrotóxicos, seus componentes e afins. Diário Oficial da União, Brasília, DF, 12 jul. 1989.

BRASIL. **Decreto nº 4.074, de 4 de janeiro de 2002**. Regulamenta a Lei nº 7.802, de 11 de julho de 1989. Diário Oficial da União, Brasília, DF, 8 jan. 2002. Disponível em: [http://www.planalto.gov.br/ccivil\\_03/decreto/2002/d4074.htm](http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/decreto/2002/d4074.htm). Acesso em: 27 maio 2025.

BRASIL. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. **Manual de procedimentos para registro de agrotóxicos**. Brasília: MAPA, 2012. Disponível em: <https://www.gov.br/agricultura/pt-br/assuntos/insumos-agropecuarios/insumos-agricolas/agrotoxicos/arquivos/manual-de-procedimentos-para-registro-de-agrotoxicos.pdf>. Acesso em: 31 maio 2025.

BRASIL. Ministério da Saúde. **Doenças relacionadas ao trabalho: manual de procedimentos para os serviços de saúde**. Brasília: Ministério da Saúde, 2001. (Série A. Normas e Manuais Técnicos, n. 114). Disponível em: <https://saude.ufpr.br/observatorio/wp-content/uploads/sites/12/2016/06/mono112-09.pdf>. Acesso em: 2 jun. 2025.

CALDIC MAGISTRAL. **Poluição por agrotóxicos: consequências invisíveis à nossa saúde**. 2021. Disponível em: <https://magistralbr.caldic.com/blog/poluicao-por-agrotoxicos-consequencias-invisiveis-a-nossa-saude>. Acesso em: 27 maio 2025.

CAMPOS-GARCIA, J. et al. Histopathological alterations in the gills of Nile tilapia exposed to carbofuran and multiwalled carbon nanotubes. **Ecotoxicology and Environmental Safety**, v. 133, p. 481-488, 2016. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.ecoenv.2016.07.027>. Acesso em: 26 maio 2025.

CARNEIRO, F. F. et al. Agrotóxicos no Brasil: um guia para ação em defesa da vida. **Cadernos de Saúde Pública**, v. 37, n. 4, e00061820, 2021.

CASTRO, I. B. et al. Contaminação de solos por agrotóxicos: um estudo de caso. **Química Nova**, v. 38, n. 7, p. 1068-1074, 2015.

COMUNIDADE EUROPEIA. **Regulamento (CE) n.º 1907/2006 do Parlamento Europeu e do Conselho**, de 18 de dezembro de 2006, relativo ao registo, avaliação, autorização e restrição de substâncias e misturas químicas (REACH). Diário Oficial da União Europeia, L 396, 30 dez. 2006. Disponível em: <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/PT/TXT/?uri=CELEX%3A32006R1907>. Acesso em: 2 jun. 2025.

COMISSÃO EUROPEIA. **Pacto Ecológico Europeu: Estratégia para a sustentabilidade dos produtos químicos**. Bruxelas: Comissão Europeia, 2020. Disponível em: <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/PT/TXT/?uri=COM:2020:640:FIN>. Acesso em: 2 jun. 2025.

CRUZ, A. S. et al. Perfil epidemiológico de intoxicações por agrotóxicos em região do semiárido nordestino. **Revista Ciência & Saúde Coletiva**, v. 20, n. 6, p. 1677-1684, 2015.

CURADO, A. L. et al. Impactos da exposição à poluição ambiental sobre a saúde dos brasileiros: uma revisão sistemática. **Ensino, Saúde e Ambiente**, v. 15, n. 2, p. 282-302, 2022.

DETÓFANO, D. M. et al. O uso de agrotóxicos e os impactos à saúde humana: um estudo bibliográfico. **Revista Saúde (Santa Maria)**, v. 40, n. 1, p. 19-26, 2014.

EUROPEAN FOOD SAFETY AUTHORITY (EFSA). **The 2021 European Union report on pesticide residues in food**. EFSA Journal, v. 20, n. 6, p. 7939, 2022. Disponível em: <https://www.efsa.europa.eu/en/efsajournal/pub/7939>. Acesso em: 26 maio 2025.

EUROPEAN FOOD SAFETY AUTHORITY (EFSA). **The 2022 European Union report on pesticide residues in food**. EFSA Journal, v. 21, n. 6, p. 8753, 2023. Disponível em: <https://www.efsa.europa.eu/en/efsajournal/pub/8753>. Acesso em: 26 maio 2025.

EUROPEAN FOOD SAFETY AUTHORITY (EFSA). **Conclusion on the peer review of the pesticide risk assessment of the active substance glyphosate**. EFSA Journal, v. 13, n. 11, 2015. Disponível em: <https://doi.org/10.2903/j.efsa.2015.4302>. Acesso em: 26 maio 2025.

EUROPEAN ENVIRONMENT AGENCY (EEA). **Pesticides: what are the risks to our health and to the environment?** Copenhagen: EEA, 2023. Disponível em: <https://www.eea.europa.eu/en/newsroom/editorial/pesticides-what-are-the-risks>. Acesso em: 26 maio 2025.

FAO (FOOD AND AGRICULTURE ORGANIZATION OF THE UNITED NATIONS). **Pesticides use data**. 2021. Disponível em: <https://www.fao.org/faostat/en/#data/RP>. Acesso em: 26 maio 2025.

FIOCRUZ; IDEC. Situação regulatória internacional de agrotóxicos com uso autorizado no Brasil: potencial de danos sobre a saúde e impactos ambientais. **Cadernos de Saúde Pública**, v. 37, n. 4, e00061820, 2021. Disponível em: <https://www.scielo.org/article/csp/2021.v37n4/e00061820/pt/>. Acesso em: 26 maio 2025.

IBAMA (INSTITUTO BRASILEIRO DO MEIO AMBIENTE E DOS RECURSOS NATURAIS RENOVÁVEIS). **Relatórios de comercialização de agrotóxicos**. 2022. Disponível em: <https://www.ibama.gov.br/agrotoxicos/relatorios-de-comercializacao-de-agrotoxicos>. Acesso em: 26 maio 2025.

INTERNATIONAL AGENCY FOR RESEARCH ON CANCER (IARC). **Glyphosate**. In: Some organophosphate insecticides and herbicides. IARC Monographs on the Evaluation of Carcinogenic Risks to Humans, v. 112, p. 321-412, 2015. Disponível em: <https://monographs.iarc.who.int/wp-content/uploads/2018/06/mono112-10.pdf>. Acesso em: 25 maio 2025.

INTERNATIONAL PESTICIDES STANDARDS ALLIANCE (IPSA). **About IPSA**. 2023. Disponível em: <https://www.ipsa.org>. Acesso em: 30 maio 2025.

JARDIM, A. N. O. et al. Pesticide residues in food in Brazil: results from PARA 2012. **Food Control**, v. 59, p. 202-207, 2016. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.foodcont.2015.05.018>. Acesso em: 26 maio 2025.

JARDIM, A. N. O.; CALDAS, E. D. Exposição humana a resíduos de pesticidas em alimentos no Brasil. **Ciência & Saúde Coletiva**, v. 14, n. 4, 2009.

KÓS, A. O. et al. Perda auditiva em trabalhadores expostos a agrotóxicos. **Revista CEFAC**, v. 21, n. 3, e13619, 2019.

LIGNANI, L. B.; BRANDÃO, J. L. G. A ditadura dos agrotóxicos: o Programa Nacional de Defensivos Agrícolas e as mudanças na produção e no consumo de pesticidas no Brasil, 1975-1985. **História, Ciências, Saúde - Manguinhos**, v. 29, n. 2, p. 361-378, 2022. Disponível em: <https://doi.org/10.1590/S0104-59702022000200003>. Acesso em: 2 jun. 2025.

LIMA, E. M. C. et al. Comparação entre alimentos orgânicos e convencionais. **Revista Brasileira de Agroecologia**, v. 12, n. 2, p. 24-33, 2017.

LOPES, L. F.; ALBUQUERQUE, G. S. C. Agrotóxicos e contaminação ambiental no Brasil. **Revista Ambiente & Sociedade**, v. 21, 2018.

MACIEL-DE-FREITAS, R. et al. Resistência do Aedes aegypti a inseticidas. **Revista Pan-Amazônica de Saúde**, v. 9, n. 2, p. 45-51, 2018.

MATA, D. C.; FERREIRA, M. L. Efeitos neurotóxicos da exposição crônica a pesticidas organofosforados. **Revista Neurociências**, v. 22, n. 1, p. 119-127, 2014.

MATA, J. S.; FERREIRA, R. L. **Agrotóxico no Brasil - uso e impactos ao meio ambiente e à saúde pública**. Brasília: EPSJV/Fiocruz; AS-PTA, 2014. Disponível em: <https://agroecologia.org.br/wp-content/uploads/2014/08/DossieAgrotoxico2014.pdf>. Acesso em: 27 maio 2025.

MENDES, L. A. et al. Revisão dos critérios de registro de agrotóxicos no Brasil: uma abordagem de risco versus perigo. **Food Control**, v. 157, 109329, 2023. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.foodcont.2023.109329>. Acesso em: 26 maio 2025.

MPF (MINISTÉRIO PÚBLICO FEDERAL). **Nota técnica sobre a Lei dos Agrotóxicos (Lei 14.785/2023)**. Brasília: MPF, 2023.

MUÑOZ-QUEZADA, M. T. et al. Chronic pesticide exposure and health outcomes: a systematic review. **NeuroToxicology**, v. 99, p. 41-54, 2024.

NAKANO, F. O. et al. Monitoramento de resíduos de agrotóxicos em laranjas comercializadas na cidade de São Paulo. **Pesquisa em Agricultura Sustentável**, v. 10, n. 1, p. 45-52, 2015.

NAPOLEÃO, F. M. **Alterações no Art. 20 do Decreto nº 12.189/2024: Novas Regras para Sanções Restritivas de Direito e Seus Impactos**. 2025. Disponível em: <https://napoleao.adv.br/alteracoes-art-20-decreto-12189-2024-novas-regras-sancoes-restritivas-direito/>. Acesso em: 2 jun. 2025.

PAN EUROPE. **Banned pesticides still in use**. Brussels: PAN Europe, 2022. Disponível em: <https://www.pan-europe.info>. Acesso em: 26 maio 2025.

PARLAMENTO EUROPEU; CONSELHO DA UNIÃO EUROPEIA. **Regulamento (CE) nº 1907/2006 do Parlamento Europeu e do Conselho**, de 18 de dezembro de 2006, relativo ao registo, avaliação, autorização e restrição de substâncias químicas (REACH). Diário Oficial da União Europeia, L 396, 30 dez. 2006. Disponível em: <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/PT/TXT/?uri=CELEX%3A32006R1907>. Acesso em: 2 jun. 2025.

PEREIRA, A. C.; ALMEIDA, R. F. Análise regulatória da Lei nº 14.785/2023: implicações para o setor agroquímico. **Ecotoxicology**, v. 33, n. 7, p. 1485-1497, 2024. Disponível em: <https://doi.org/10.1007/s10646-023-02555-1>. Acesso em: 26 maio 2025.

PESSOA, M. C. P. Y. et al. Efeitos de pesticidas em organismos aquáticos. **Brazilian Journal of Biology**, v. 77, n. 2, p. 300-306, 2017.

PORTO, M. F.; SOARES, W. L. Modelo de desenvolvimento, agrotóxicos e saúde: um panorama da realidade agrícola brasileira e propostas para uma agenda de pesquisa inovadora. **Revista Brasileira de Saúde Ocupacional**, v. 43, e14, 2018. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/rbso/a/wWKHf9PQ3tscgZg57nH6rtf/>. Acesso em: 2 jun. 2025.

RADIO FRANCE INTERNATIONALE (RFI). **UE endurece regras para pesticidas em alimentos**. 2023. Disponível em: <https://www.rfi.fr>. Acesso em: 30 maio 2025.

REBELO, F. M. et al. O uso ilegal de chumbinho: implicações para a saúde pública. **Revista Brasileira de Epidemiologia**, v. 19, n. 3, p. 520-531, 2016.

RIGOTTO, R. M. et al. Efeitos dos agrotóxicos na saúde humana. **Cadernos de Saúde Pública**, v. 34, n. 5, e00165617, 2018.

RODRIGUES, M. T. et al. Uso de agrotóxicos e impactos à saúde humana: revisão sistemática. **Revista Brasileira de Saúde Ocupacional**, v. 45, e12, 2020. Disponível em: <https://doi.org/10.1590/2317-6369000035719>. Acesso em: 26 maio 2025.

SANCHES, N. V. et al. Efeitos de agrotóxicos sobre a anatomia foliar de culturas agrícolas. **Revista Ciência Agronômica**, v. 45, n. 1, p. 130-138, 2014.

SANTOS, M. A.; LIMA, R. Q. Colonialismo químico e segurança alimentar no Sul Global. **Revista de Direito Socioambiental**, v. 16, n. 1, p. 155-178, 2021. Disponível em: <https://doi.org/10.21901/rdsa.2021.v16n1.313>. Acesso em: 26 maio 2025.

SIQUEIRA, K. M. M. et al. Condições de saúde e trabalho de agricultores expostos a agrotóxicos. **Saúde em Debate**, v. 44, n. 126, p. 350-362, 2020.

SILVA, M. V. G. et al. Governança global de agrotóxicos: limites e possibilidades. **Revista Ambiente & Sociedade**, v. 21, e01943, 2018.

SILVA, J. R. et al. Marco regulatório dos agrotóxicos no Brasil: análise crítica da Lei nº 14.785/2023. **Revista de Direito Ambiental**, v. 28, n. 111, p. 85-102, 2023. Disponível em: <https://doi.org/10.11606/rda.v28i111.210930>. Acesso em: 26 maio 2025.

SILVA, M. P.; OLIVEIRA, T. A. Agrotóxicos e comércio internacional: assimetrias regulatórias e impactos no Sul Global. **Estudos Avançados**, v. 37, n. 107, p. 163-180, 2023. Disponível em: <https://doi.org/10.1590/s0103-40142023107110>. Acesso em: 26 maio 2025.

TEIXEIRA, M. F. S. et al. Intoxicações por agrotóxicos no Nordeste brasileiro: 1999-2009. **Revista Brasileira de Epidemiologia**, v. 14, n. 4, p. 755-765, 2011.

TOFOLO, C. R. et al. Agrotóxicos e saúde dos trabalhadores: uma revisão. **Saúde e Sociedade**, v. 22, n. 3, p. 986-997, 2013.

UNIVERSIDADE FEDERAL DO PARANÁ. Observatório do Uso de Agrotóxicos e Consequências para a Saúde Humana e Ambiental no Paraná. **Após votação, uso de glifosato fica proibido na União Europeia a partir de 30 de junho**. 2025. Disponível em: <https://saude.ufpr.br/observatorio/noticias/apos-votacao-uso-de-glifosato-fica-proibido-uniao-europeia-a-partir-de-30-de-junho/>. Acesso em: 2 jun. 2025.

UNITED NATIONS. **Basel Convention on the Control of Transboundary Movements of Hazardous Wastes and Their Disposal**. New York: UN, 1992.

UNITED NATIONS ENVIRONMENT PROGRAMME (UNEP). **Stockholm Convention on Persistent Organic Pollutants**. Nairobi: UNEP, 2004.

UNITED NATIONS ENVIRONMENT PROGRAMME; FOOD AND AGRICULTURE ORGANIZATION. **Rotterdam Convention on the Prior Informed Consent Procedure for Certain Hazardous Chemicals and Pesticides in International Trade**. Rome: FAO/UNEP, 2004.

WORLD HEALTH ORGANIZATION (WHO). **Public health impact of pesticides used in agriculture**. Geneva: WHO, 2021.

# CAPÍTULO VI

## ELABORAÇÃO DE TRILHA INTERPRETATIVA COMO INSTRUMENTO DE EDUCAÇÃO AMBIENTAL CRÍTICA PARA O PARQUE MUNICIPAL MATA DO CARRINHO EM UBERABA – MG

DOI: 10.51859/ampla.aca007.1125-6

Gabriela Vaz Silva <sup>1</sup>

Joyce Silvestre de Sousa <sup>2</sup>

Marina Farcic Mineo <sup>3</sup>

<sup>1</sup> Pós-graduanda em Gestão Ambiental, Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Triângulo Mineiro – campus Uberaba, E-mail: gabriela.vaz@estudante.iftm.edu.br.

<sup>2</sup> Professora Dra. do Programa de Pós-Graduação lato sensu na área Ambiental, Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Triângulo Mineiro – campus Uberaba, E-mail: joyce@iftm.edu.br.

<sup>3</sup> Professora Dra. do Programa de Pós-Graduação lato sensu na área Ambiental, Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Triângulo Mineiro – campus Uberaba. E-mail: marina@iftm.edu.br.

### RESUMO

A Educação Ambiental pode ser realizada utilizando-se de diversas estratégias, como a Interpretação Ambiental. A interpretação ambiental tem como finalidade principal provocar a reflexão sobre as interações entre o homem e meio ambiente, mediante a estimulação do contato direto das pessoas com o meio. Uma das formas de aplicá-la é por meio de trilhas, estimulando a prática de exercícios físicos em contato com a natureza, divulgando informações e despertando a sensibilização sobre aspectos sociais, ambientais, éticos e culturais. Sendo assim, o presente trabalho tem como objetivo elaborar uma trilha interpretativa para o Parque Municipal Mata do Carrinho, em Uberaba – MG, realizando um levantamento dos dados históricos sobre a área, mapeando a área de trilha do parque, identificando os pontos passíveis de inserção de informações para a trilha interpretativa e elaborar roteiros para visita guiada de escolas e outros grupos. A metodologia utilizada foi uma abordagem exploratória bibliográfica em conjunto com uma readaptação metodológica para elaboração da trilha. Dessa forma, busca-se estimular a população uberabense a voltar a frequentar a Mata do Carrinho e principalmente, disseminar sua importância e a necessidade de preservá-la. Acredita-se que a trilha interpretativa, os roteiros e as atividades de educação ambiental elaborados neste estudo contribuíram muito para o alcance dos objetivos de criação do Parque Municipal Mata do Carrinho, em Uberaba - MG. Os instrumentos auxiliarão na sensibilização ambiental dos visitantes, que poderão se tornar agentes na conservação e fiscalização do espaço.

Palavras-Chave: interpretação ambiental; meio ambiente; parques urbanos; sensibilização ambiental.

### 1. INTRODUÇÃO

Atualmente, as questões ambientais que abordam a manutenção e a conservação da biodiversidade vêm sendo temas de importantes debates, tendo em vista que as ações antrópicas estão colocando em risco a diversidade biológica e os recursos naturais indispensáveis para a continuidade da existência humana. Contribuem também para este debate a ocupação e exploração dos espaços urbanos, que trazem consequências como: “[...] cidades mais quentes e secas, problemas com enchentes, erosões, poluição atmosférica, do solo,

da água e, ainda, com a diminuição das áreas naturais e da fauna local. Esses problemas acabam culminando em uma cidade menos atrativa” (PINHEIRO *apud* SOUZA; CREMER, 2016, p.95).

A Educação Ambiental (EA) é discutida desde meados do século XX, e foi instituída no Brasil pela lei 9.795/1999, a Política Nacional de Educação Ambiental (BRASIL, 1999) No documento, EA é definida como processo que auxilia a sociedade no desenvolvimento de valores sociais, conhecimentos, habilidades, atitudes e competências relacionadas à conservação dos recursos ambientais. Tendo em vista esse aspecto, é necessário que a temática não seja trabalhada somente nos currículos escolares, mas também seja debatida de maneira informal em ambientes propícios como nas unidades de conservação e áreas verdes.

A EA, como afirma Alencar e Nascimento (2012), possibilita que ocorra uma mudança na mentalidade, pelo fato de conseguir-se adquirir novas aprendizagens, valores e habilidades, elementos considerados como indispensáveis para a criação de um modelo de sociedade mais igualitária e prudente quando se trata do meio ambiente. Além disso, reitera-se que “a EA constitui um processo contínuo de aprendizagem das questões que dizem respeito ao espaço onde se forjam as interações dos componentes bióticos, abióticos e humanos, os quais regem a vida em suas mais diferentes formas” (ALENCAR; NASCIMENTO, 2012, p.3).

A EA pode ser implementada por meio de várias estratégias, uma delas é denominada como Interpretação Ambiental. Segundo Freeman Tilden (1957) a interpretação é uma atividade que revela significados e as inter-relações entre homem e meio ambiente por meio do contato direto com o meio.

É importante enfatizar que a interpretação ambiental é um recurso fundamental para a educação ambiental, pois consegue lapidar a sensibilidade e conceber que os indivíduos que estejam inseridos em seu meio natural idealizem uma percepção ambiental (SATO *apud* VECHI; MAGALHÃES JÚNIOR, 2022). De acordo com informações e experiências, acredita-se que uma alternativa acessível de aplicação da interpretação é por meio da execução de trilhas interpretativas, pois inclui os indivíduos dentro da dinâmica ambiental de um espaço natural com diferentes características para serem observadas. As trilhas realizadas utilizando as estratégias interpretativas podem ser consideradas como “[...] relevantes e utilizadas como ferramenta para a EA, pois através dela é possível revelar alguns fatores aos visitantes e participantes, possibilitando também a interdisciplinaridade, podendo ser utilizada de diversas formas” (VECHI; MAGALHÃES JÚNIOR, 2022, p. 24).

Os autores Vechi e Magalhães Júnior (2022, p. 24) adicionam sobre a EA e a utilização das trilhas interpretativas que:

Diante das questões relativas à problemática ambiental, a Educação Ambiental se apresenta como uma nova alternativa para a formulação de um novo pensar crítico e reflexivo ante os desafios enfrentados pelas problemáticas ambientais atualmente, via instrumentos de sensibilização como a IA e as Trilhas Interpretativas, que incentivam a busca por transformação dos participantes mediante o contato direto com a natureza.

As trilhas são “[...] corredores de viagem que foram abertos de uma área a outra, principalmente no meio natural” (BIRKBY *apud* MAGRO; TALORA *apud* SOUZA, 2014, p.246), entretanto segundo o autor Vasconcellos e Ota (2000) citados por Souza e Cremer (2016) a utilização desses espaços para elaboração das trilhas interpretativas tem o propósito de estimular os visitantes do espaço a expandirem suas percepções pessoais de forma crítica, conduzindo-os a observar, questionar, sentir e desvendar os diversos sentidos e concepções relacionadas às temáticas interligadas.

O Conselho Nacional do Meio Ambiente – CONAMA, em sua Resolução nº 369/2006, Art. 8º, § 1º, define área verde urbana como: “[...] o espaço de domínio público que desempenhe função ecológica, paisagística e recreativa, propiciando a melhoria da qualidade estética, funcional e ambiental da cidade, sendo dotado de vegetação e espaços livres de impermeabilização”. Sendo assim, torna-se viável utilizar a interpretação ambiental como uma alternativa de ação a ser executada nos parques municipais de Uberaba, principalmente a Mata do Carrinho.

O município de Uberaba está localizado na região do Triângulo Mineiro e, de acordo com o último censo, tem 337.836 habitantes (IBGE, 2025). De acordo com o Plano Diretor Municipal, Uberaba conta com 11 parques públicos (UBERABA, 2006). Entretanto, apenas cinco encontram-se efetivamente implantados, os parques do Jacarandá, Mata do Ipê, Mata do Carrinho, das Acácias e do Paço (GOMES, 2020). A Mata do Carrinho foi escolhida para este estudo pois, além de ser o maior parque da cidade, permaneceu por muitos anos fechado, sofreu com atos de vandalismo e depredação e foi reaberto em 2023 e, por este motivo, ainda apresenta uma baixa visitação.

Diante dos aspectos abordados, a implantação de uma trilha interpretativa pode ser um método efetivo que auxilie as pessoas a conhecerem e compreenderem a importância da Mata do Carrinho. A área contribui para a regulação do clima, conservação da biodiversidade e melhoria da qualidade de vida da população, ressaltando a sua relevância histórica, cultural e os benefícios trazidos para a saúde como a diminuição do estresse e o contato com a natureza. Além disso, a Mata do Carrinho é uma excelente opção de lazer gratuito na cidade e a implantação de uma trilha pode sobretudo incentivar a população a voltar a frequentar o espaço.

Desse modo, o desenvolvimento deste estudo tem como objetivo geral elaborar uma trilha interpretativa para o Parque Municipal Mata do Carrinho, em Uberaba -MG. Diante disto, foram traçados os seguintes objetivos específicos: realizar um levantamento dos dados históricos sobre a área; mapear a área de trilha do parque, identificando os pontos passíveis de inserção de informações para a trilha interpretativa; e elaborar roteiros para visita guiada de escolas e outros grupos.

## 2. METODOLOGIA

O estudo foi desenvolvido de acordo com uma abordagem exploratória bibliográfica em conjunto com uma readaptação da metodologia adotada por Sharpe (1982, apud NASCIMENTO, 2004; apud GONÇALVES e CANTO-SILVA, 2018) e Vasconcellos (1998, apud GONÇALVES e SILVA, 2018) para a elaboração de uma trilha interpretativa. O trabalho foi disposto em três etapas principais: (1) levantamento de dados históricos, culturais e ambientais do parque, (2) pesquisa bibliográfica sobre planejamento de trilhas e roteiros interpretativos e (3) planejamento da trilha interpretativa.

Na etapa de levantamento dos dados históricos, culturais e ambientais do parque, investigou-se documentos sobre o município de Uberaba, mais especificamente o Parque Municipal Mata do Carrinho, buscando informações sobre sua criação, formas de utilização do espaço pela população, estudos ambientais desenvolvidos no local e características do entorno do parque.

Durante a pesquisa bibliográfica sobre planejamento de trilhas e roteiros interpretativos, a etapa foi realizada por meio de pesquisas realizadas no Google Acadêmico, utilizando as palavras-chave “educação ambiental”; “interpretação ambiental”; “trilhas interpretativas”; “elaboração de trilhas interpretativas” e “construção de roteiros interpretativos”. Foram selecionados apenas artigos que estavam relacionados à elaboração de trilhas e roteiros em parques ou áreas de conservação e que correlacionaram a elaboração de trilhas com a educação ambiental e interpretação ambiental.

A etapa de planejamento da trilha interpretativa constitui-se de seis passos: a identificação das oportunidades e demandas do parque; reconhecimento do público-alvo; definição dos objetivos e da temática da trilha; realização de um inventário interpretativo; análise das oportunidades interpretativas e seleção das estratégias interpretativas e elaboração de roteiros de visitas guiadas.

No momento da identificação das oportunidades e demandas do parque, estabeleceu-se contato com a equipe da Secretária do Meio Ambiente de Uberaba (SEMAM) por meio de

reuniões a respeito da proposição do estudo, demandas e opiniões sobre a execução da proposta. Em um segundo momento, houve uma visita ao parque com a presença de uma parte da equipe gestora composta pelo biólogo, a profissional responsável pelo departamento de educação ambiental e o técnico responsável pelo parque, onde visualizou-se as necessidades do local e viabilidade do projeto para a atual conjuntura do espaço.

A realização do inventário interpretativo tem o objetivo de selecionar e definir os pontos interpretativos da trilha. Para a realização do inventário interpretativo utilizou-se o esquema de Indicadores de Atratividade de Pontos Interpretativos (IAPI), metodologia com quatro etapas desenvolvida por Magro e Freixedas (1998) e adaptado por Vasconcellos (2006), citado por Gonçalves e Canto- Silva (2018).

Na primeira etapa realizou-se um levantamento dos possíveis pontos interpretativos. Por meio de visitas ao local onde houve um mapeamento do percurso da trilha e a seleção de 10 pontos com potenciais interpretativos. Cada ponto selecionado recebeu identificação de nome com base em uma característica exclusiva. Por meio do uso do aplicativo Avenza Maps (aplicativo de GPS *off-line* usado para coletar dados e demarcar pontos) e o Wikiloc (aplicativo de navegação em trilhas utilizado para gravar e demarcar o percurso da trilha). Depois da visita, com o auxílio do programa *QGIS*, demarcou-se o percurso da trilha e os pontos interpretativos.

Na segunda etapa analisou-se os indicadores de atratividade. Cada um dos pontos interpretativos selecionados foi avaliado e pontuado de acordo com a metodologia de (RECH; CANTO-SILVA, 2012) apresentado por Gonçalves e Canto-Silva (2018).

O inventário interpretativo coletou dados e informações do local de estudo baseado nos seguintes indicadores de atratividade: espaço disponível (que diz respeito a quantidade de pessoas que o ponto da trilha consegue suportar); estímulos visuais, auditivos, táteis e olfativos no local (se estão para os visitantes ou não); a quantidade e tipo de vegetação; presença ou ausência de qualquer sinal que indique a existência de animais nos pontos; beleza cênica; valor histórico-cultural; a presença de vegetais que sejam classificadas com a hábito de epífitas; a presença ou ausência de organismos bioindicadores que atestem a qualidade do ar; e, por último, conforto térmico oferecido ou não por todos os pontos examinados. Nesse estudo a percepção de água não foi utilizada para as avaliações dos pontos, pois a trilha analisada não dá acesso às nascentes presentes no parque, sendo o acesso ao interior da mata restrito. É importante destacar que para cada um dos indicadores existem categorias de pontuação que se diferem de acordo com o tipo de indicador.

Na terceira etapa procedeu-se à elaboração de uma ficha de campo, denominada como quadro de inventário interpretativo. Este instrumento apresenta os indicadores de

atratividade, as pontuações atribuídas a cada um dos indicadores, o nome de cada ponto interpretativo e as respectivas pontuações finais atribuídas para cada um dos pontos.

Na quarta etapa, verificou-se a soma das pontuações obtidas em cada ponto e ordenou-se os pontos interpretativos em uma lista de ordem decrescente de pontuação, sendo estabelecidos os seis primeiros pontos para compor o percurso da trilha interpretativa. Os dados foram tabulados com o uso do programa *Microsoft Excel*.

Os mapas com a localização dos pontos interpretativos, o percurso e extensão da trilha, e a definição das temáticas a serem abordadas.

Após a escolha dos pontos interpretativos analisou-se as oportunidades interpretativas. Para isso, levantou-se às características ecológicas (vegetação, fauna e outros aspectos essenciais relacionados ao tema escolhido para a trilha) de cada local elencadas pelo plano de caracterização e gestão do parque. Este levantamento foi realizado por meio da metodologia de pontos de escuta, onde se permanece por 10 minutos com o uso de um gravador em cada ponto, e com auxílio de aplicativos que auxiliaram na identificação das espécies, como o PlantNet e o *Google Lens*. Como resultado final, elencou-se as oportunidades interpretativas associadas a cada ponto selecionado para compor o percurso da trilha interpretativa, sob a forma da definição de subtemas para cada ponto de acordo com a temática principal selecionada.

No último passo selecionou-se as estratégias interpretativas, envolvendo os conteúdos informativos para serem abordados e atividades para serem desenvolvidas com os visitantes. Considerou-se as informações da etapa anterior para direcionar as ações que serão desenvolvidas e conduzidas pelos intérpretes/guias responsáveis pelas visitas guiadas no parque. Para reunir todas as estratégias, foram elaborados roteiros visando auxiliar no momento das visitas.

### 3. RESULTADOS

O Parque Ecológico Mata do Carrinho está localizado na cidade de Uberaba - Minas Gerais, coordenadas geográficas: 19°46'26"S; 47°57'53"W. O parque foi criado por meio do Decreto nº 381 do dia 04 junho de 1985 (UBERABA, 1985) e abrange uma área 132.567 m<sup>2</sup> (cento e trinta e dois mil, quinhentos e sessenta e sete metros quadrados), constituindo um necessário acervo ambiental para o município. O espaço abriga uma diversidade de espécies vegetais de portes diversos, destacando-se as árvores lenhosas. Essas árvores contribuem diretamente no ciclo hidrológico, criando um microclima e representando um importante reduto de avifauna na região, sendo apontado como uma “ilha” para o alojamento de espécies em linha migratória.

Aproximadamente 90% da área do parque é constituída por uma floresta estacional semidecídua, com a presença de sub-bosques em ótima conservação. A área dispõe de algumas nascentes perenes que deságuam em um banhado que, por sua vez, integra o córrego Marat. No local, foram inventariadas 100 espécies de flora (99 nativas e 1 exótica), distribuídas em 75 Gêneros e 35 Famílias, sendo as mais representativas: Fabaceae (18 espécies), Meliaceae (7 espécies), Euphorbiaceae e Malvaceae (6 espécies), Salicaceae (5 espécies), Moraceae e Annonaceae (4 espécies cada uma) (PEGORARI, 2007).

O parque foi fechado em 2014 sendo reaberto em 2023, após passar por extensa reforma para adequação ao uso público. Até o ano de 2021, o local estava em situação de abandono, com ocorrência de invasões por moradores de rua e usuários de drogas. O parque é uma importante área de lazer para a população local, em especial à população do entorno, que é de média-baixa renda e não tem outras opções recreativas (GOMES, 2020). Este parque compõe um complexo ambiental-cultural, agregando o Memorial Chico Xavier, inaugurado em 2024 e considerado um dos pontos turísticos da cidade, o que torna ainda mais relevante sua conservação.

Na primeira visita à área, foram levantados os tipos de ameaças à biodiversidade local, para que, ao definir os pontos interpretativos e elaborar os roteiros, fossem consideradas formas de minimizar as pressões negativas que prejudicam a conservação da área (Tabela 1).

Para estabelecimento do público-alvo, consideraram-se as ponderações da equipe gestora e as oportunidades vislumbradas durante o período de diagnóstico da região ao entorno do parque. A definição dos objetivos e da temática da trilha decorreu da definição do público-alvo, que são principalmente as escolas presentes no entorno do parque. Os temas e subtemas escolhidos para serem abordados durante a trilha foram recursos naturais: água (nascente, ciclo da água), fauna e flora (espécies regionais e exóticas, relações ecológicas) e solo (importância, formação, tipos); aspectos culturais: memorial Chico Xavier, histórico da mata; aspectos sociais: vandalismo, depredação, poluição, queimadas; percepção ambiental: bem-estar e lazer: importância da mata para regulação do clima, conservação da biodiversidade e benefícios para saúde.

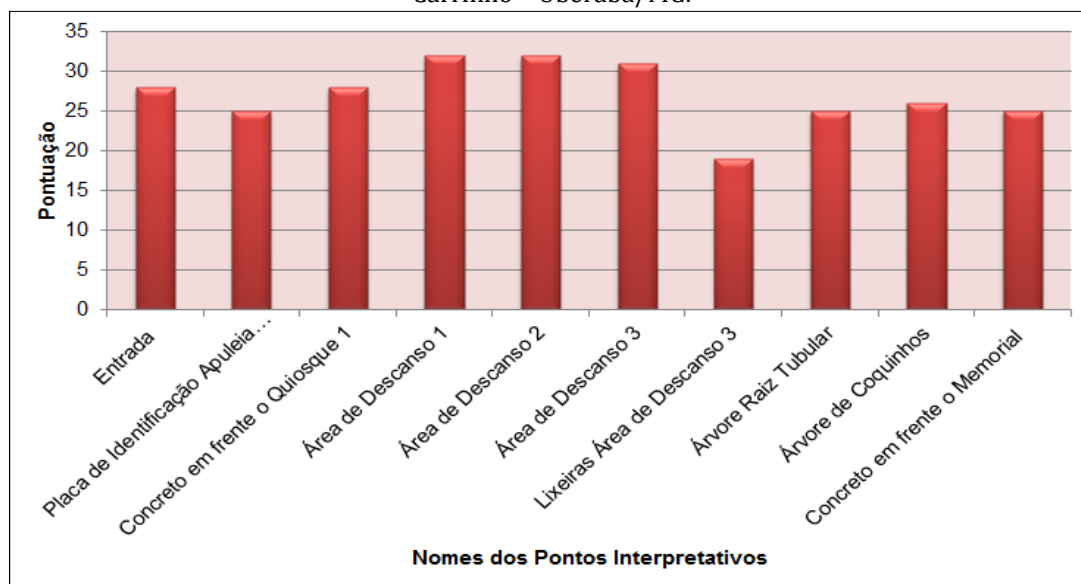
Após a realização do inventário e da observação das pontuações finais de cada um dos 10 pontos selecionados no estudo, foram selecionados para compor o percurso da Trilha Interpretativa da Mata do Carrinho os 6 pontos (1, 3, 4, 5, 6 e 9) com as maiores pontuações (28, 28, 32, 32, 31 e 26 respectivamente) (Figura 1).

Tabela 1: Tipos de ameaças à biodiversidade no Parque Municipal Mata do Carrinho - Uberaba-MG.

| Ameaças                                         | Agentes/sujeitos envolvidos                     |
|-------------------------------------------------|-------------------------------------------------|
| Lixo nas trilhas, quiosques e interior da mata  | Visitantes e população do entorno               |
| Fogo                                            | População do entorno                            |
| Vandalismo                                      | População do entorno                            |
| Depredação de patrimônio público                | Visitantes e população do entorno               |
| Invasão das trilhas do parque em direção à mata | Visitantes e população do entorno               |
| Invasão de espécies exóticas de vegetais        | Visitantes, população do entorno e funcionários |
| Entrada de águas residuais da rede pluvial      | População e poder público                       |

Fonte: Autores, 2025.

Figura 1- Pontuações dos pontos interpretativos de acordo com os indicadores de atratividade (IAPI), Mata do Carrinho - Uberaba/MG.



Fonte: Autores, 2025.

Tabela 1- Inventário Interpretativo dos pontos da Trilha da Mata do Carrinho

| INVENTÁRIO INTERPRETATIVO                        |                                                            |                                                                        |                                                                                               |                                                 |                                                 |                                                                       |                                                               |                                                 |                                                     |                                                 |                                                 |
|--------------------------------------------------|------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------|-------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------|-----------------------------------------------------|-------------------------------------------------|-------------------------------------------------|
| Local: Mata do Carrinho                          |                                                            | PONTOS INTERPRETATIVOS                                                 |                                                                                               |                                                 |                                                 |                                                                       |                                                               |                                                 |                                                     |                                                 |                                                 |
| ATRATIVIDADE                                     |                                                            | P1 (Entrada do Parque)                                                 | P2 (Poste de luz em frente da árvore com placa de identificação <i>Apuleia leiocarpa</i> )    | P3 (Concreto na frente do quiosque 1)           | P4 (Área de descanso 1 perto do quiosque 1)     | P5 (Área de descanso 2- próximo quiosque 1)                           | P6 (Área de descanso 3)                                       | P7 (Lixeiras área de descanso 3)                | P8 (Árvore com raiz tubular)                        | P9 (árvore de coquinhos- perto quiosque 2)      | P10 (Concreto em frente ao memorial)            |
| Indicadores                                      | Categorias                                                 |                                                                        |                                                                                               |                                                 |                                                 |                                                                       |                                                               |                                                 |                                                     |                                                 |                                                 |
| Espaço disponível (quantidade de pessoas)        | 1 a 5 (1)<br>6 a 10 (2)<br>11 a 20 (3)                     | 2                                                                      | 2                                                                                             | 2                                               | 3                                               | 3                                                                     | 3                                                             | 2                                               | 2                                                   | 2                                               | 2                                               |
| Estímulo                                         | Visual(1 a 2)<br>Auditivo (1)<br>Tátil (1)<br>Olfativo (1) | Visual 1<br>Auditivo 1<br>Tátil 0<br>Olfativo 0                        | Visual 2<br>Auditivo 1<br>Tátil 0<br>Olfativo 0                                               | Visual 2<br>Auditivo 1<br>Tátil 0<br>Olfativo 0 | Visual 2<br>Auditivo 1<br>Tátil 1<br>Olfativo 0 | Visual 2<br>Auditivo 1<br>Tátil 1<br>Olfativo 0                       | Visual 2<br>Auditivo 1<br>Tátil 1<br>Olfativo 0               | Visual 2<br>Auditivo 1<br>Tátil 1<br>Olfativo 0 | Visual 2<br>Auditivo 1<br>Tátil 1<br>Olfativo 0     | Visual 2<br>Auditivo 1<br>Tátil 1<br>Olfativo 0 | Visual 2<br>Auditivo 1<br>Tátil 1<br>Olfativo 0 |
| Percepção da água (não se aplica)                | Visual (3)<br>Sonora (2)                                   | X                                                                      | X                                                                                             | X                                               | X                                               | X                                                                     | X                                                             | X                                               | X                                                   | X                                               | X                                               |
| Vegetação significativa (exótica ou ilustrativa) | Quantidade de espécies                                     | 12                                                                     | 8                                                                                             | 13                                              | 14                                              | 13                                                                    | 12                                                            | 7                                               | 8                                                   | 11                                              | 6                                               |
| Presença ou sinais de animais                    | Quantidade de eventos                                      | Buracos de formigas e formigas                                         | Tem uma colmeia, penas de pássaro, buracos de formiga e formigas                              | Formigas e uma colmeia                          | Formigas, sons de pássaros, fezes de pássaros.  | Formigas, sons de pássaros, fezes de animais, teias de aranha e penas | Formigas, sons de pássaros, fezes de animais, teias de aranha | Formigas                                        | Formigas, teias de aranha, sons de pássaros e penas | Formigas, maritacas e sons de pássaros          | Sons de pássaros e formigas                     |
| Beleza Cênica                                    | (0 a 3)                                                    | 1- Não apresenta tantas variedades de cores para os olhos (tudo verde) | 2- Apresenta uma diversidade mais nítida de espécies ao olhar e um contraste com a luz do sol | 2                                               | 3                                               | 2                                                                     | 3                                                             | 2                                               | 2                                                   | 2                                               | 2                                               |
| Valor Histórico Cultural                         | (0 a 3)                                                    | 3- entrada fica do lado do memorial                                    | Não                                                                                           | Não                                             | Não                                             | Não                                                                   | Não                                                           | Não                                             | Não                                                 | Não                                             | De frente ao memorial                           |
| Presença de Epífitas                             | (2)                                                        | Não tem                                                                | Tem                                                                                           | Tem em uma árvore do lado do quiosque           | Não                                             | Não                                                                   | Tem                                                           | Tem                                             | Tem                                                 | Não                                             | Tem                                             |

| Tabela 1- Inventário Interpretativo dos pontos da Trilha da Mata do Carrinho |                                                    |                                                  |                                                                                            |                                       |                                             |                                             |                         |                                  |                              |                                            |                                      |
|------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------|--------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------|---------------------------------------------|---------------------------------------------|-------------------------|----------------------------------|------------------------------|--------------------------------------------|--------------------------------------|
| INVENTÁRIO INTERPRETATIVO                                                    |                                                    |                                                  |                                                                                            |                                       |                                             |                                             |                         |                                  |                              |                                            |                                      |
| Local: Mata do Carrinho                                                      |                                                    | PONTOS INTERPRETATIVOS                           |                                                                                            |                                       |                                             |                                             |                         |                                  |                              |                                            |                                      |
| ATRATIVIDADE                                                                 |                                                    | P1 (Entrada do Parque)                           | P2 (Poste de luz em frente da árvore com placa de identificação <i>Apuleia leiocarpa</i> ) | P3 (Concreto na frente do quiosque 1) | P4 (Área de descanso 1 perto do quiosque 1) | P5 (Área de descanso 2- próximo quiosque 1) | P6 (Área de descanso 3) | P7 (Lixeiras área de descanso 3) | P8 (Árvore com raiz tubular) | P9 (árvore de coquinhos- perto quiosque 2) | P10 (Concreto em frente ao memorial) |
| Indicadores                                                                  | Categorias                                         |                                                  |                                                                                            |                                       |                                             |                                             |                         |                                  |                              |                                            |                                      |
| Presença de Bioindicadores                                                   | (2)                                                | 2- apresenta liquens verdes e mais escuros preto | Liquens                                                                                    | Liquens                               | Líquens                                     | Líquens                                     | Líquens                 | Líquens                          | Líquens                      | Líquens                                    | Líquens                              |
| Conforto                                                                     | Ausente (0)<br>Pouco (1)<br>Médio (2)<br>Muito (3) | 3                                                | 3                                                                                          | 3                                     | 3                                           | 3                                           | 2                       | 0                                | 2                            | 2                                          | 3                                    |
| PONTUAÇÃO FINAL                                                              |                                                    | 28                                               | 25                                                                                         | 28                                    | 32                                          | 32                                          | 31                      | 19                               | 25                           | 26                                         | 25                                   |

Fonte: Autores, 2025.

De acordo com os pontos selecionados na trilha, foram confeccionados três mapas e definidas as temáticas a serem abordadas em cada ponto: **ponto 1**- aspectos culturais: histórico sobre a mata, informações sobre o memorial e indicação de outros pontos turísticos da cidade; **ponto 3**- aspectos sociais: poluição, depredação e queimadas; **ponto 4**- bem estar e lazer: regulação do clima, benefícios para saúde e conservação da biodiversidade; **ponto 5**- recursos naturais: solo, água; **ponto 6**- recursos naturais: fauna, flora; **ponto 9**- bioindicadores e percepção ambiental.

O primeiro mapa (Figura 2), expõe o traçado do caminho do percurso total da trilha presente na mata, o segundo (Figura 3) apresenta a localização geográfica dos 10 possíveis pontos interpretativos, cada um com sua respectiva numeração e nomeação e o último mapa (Figura 4) destaca apenas a localização dos pontos de interesse da trilha, que são os 6 pontos com as maiores notas de acordo com os indicadores IAPI que fazem parte do planejamento dos roteiros interpretativos da Trilha da Mata do Carrinho.

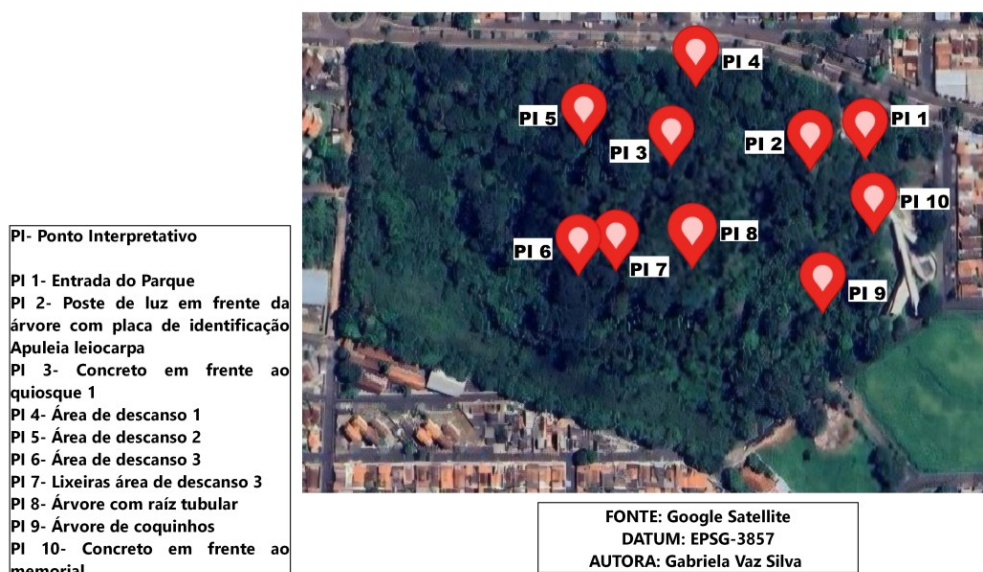
Figura 2: Percurso Total da Trilha da Mata do Carrinho, Uberaba – MG.



Fonte: Autores, 2025.

Figura 3: Mapa da localização dos pontos interpretativos (PI) analisados para compor a Trilha da Mata do Carrinho, Uberaba – MG.

**Pontos Interpretativos analisados para compor a Trilha de acordo com os Indicadores de Atratividade (IAPI)**



Fonte: Autores, 2025.

Figura 4: Mapa da localização dos pontos interpretativos (PI) selecionados para compor a Trilha da Mata do Carrinho, Uberaba – MG.

**Pontos Interpretativos que integram o Percurso da Trilha da Mata do Carrinho**



Fonte: Autores, 2025.

O roteiro de atividades interpretativas foi organizado com a descrição de todas as temáticas selecionadas para serem discutidas, contendo sugestões de atividades para serem abordadas em cada ponto interpretativo selecionado, o objetivo geral da trilha, os objetivos específicos da realização de cada atividade, sugestões de abordagens alternativas para cada

momento, a descrição por etapas de cada dinâmica e a duração aproximada de cada momento na trilha.

A abordagem pedagógica das atividades propostas para a dinâmica da trilha interpretativa utilizou-se de uma metodologia ativa e de vivência, buscando estimular a participação, a curiosidade e a construção coletiva de saberes integrando os conhecimentos específicos da disciplina de ciências/biologia com o contato direto com o ambiente do parque. O uso de recursos educacionais como observação guiada, jogos, dinâmicas de grupo, uso de recursos tecnológicos e momentos de sensibilização auxiliam o professor no processo de ensino e aprendizagem para que se torne mais eficiente, pois consegue engajar os alunos de diferentes formas e atender os distintos estilos de aprendizagem presentes nos estudantes.

#### 4. ROTEIRO DE ATIVIDADES INTERPRETATIVAS

**Objetivo geral da trilha:** desenvolver a educação ambiental por meio da observação e da interpretação da natureza.

##### PONTO 1

Tema: Aspectos culturais-históricos sobre a mata, informações sobre o memorial e indicação de outros pontos turísticos da cidade

*Explorando a cultura uberabense (10 a 15 min)*

**Objetivos:** promover/permitir uma experiência prática de aprendizagem integrando o meio ambiente com o patrimônio cultural de Uberaba e o histórico da Mata do Carrinho.

**Abordagem:** relatar o histórico inicial de construção da mata, que foi um projeto desenvolvido e apresentado na III Feira de Ciências do antigo Colégio São Judas Tadeu; falar sobre a motivação da criação do projeto para a área de preservação permanente do espaço (onde havia a retirada de madeira, devastação e acúmulo de lixo), a inspiração para nomear a área como “Mata do Carrinho”, fornecer informações básicas sobre o funcionamento do Memorial Chico Xavier ( que fica logo ao lado da Mata do Carrinho), ressaltar outros pontos turísticos de Uberaba; indicando outros geossítios para visita como Peirópolis e seus museus de dinossauros e cachoeiras; o vale encantado; o sítio histórico e cultural da ABCZ; a casa das memórias e lembranças de Chico Xavier; a igreja Santa Rita; o Mercado Municipal; o Parque das Barrigudas; o Mirante Uberaba e o Parque Linear João Gilberto Ripposati.

##### **Atividade:**

1. Dividir os alunos em grupos com a mesma quantidade de integrantes;

2. Cronometrar um tempo de 10 a 15 minutos e pedir que os alunos percorram a entrada do parque, o ponto inicial da trilha e registrem por meio de fotos elementos naturais ou não que representem para eles o espírito da cidade;
3. Em outro momento, solicitar que os alunos montem um mural com a presença das fotos, frases e outros elementos que achem pertinentes para representar a conexão entre os elementos culturais de Uberaba e o meio ambiente.

### PONTO 3

Tema: Aspectos sociais (poluição, depredação e queimadas)

*Reflexão sobre preservação ambiental/ estudo de impactos (20 min)*

**Objetivos:** identificar, analisar e refletir sobre as consequências das ações humanas para a preservação ambiental.

**Abordagem:** apresentar os conceitos de impactos ambientais e citar exemplos que podem ser observados durante a trilha (lixo no chão, depredação), abordar sobre os impactos das queimadas que acontecem com frequência no município de Uberaba.

#### **Atividade:**

1. Dividir os alunos em grupos com a mesma quantidade de integrantes;
2. Pedir que cada grupo de alunos observe a presença de impactos no entorno do ponto de parada ou durante a caminhada pela trilha e registre todas as suas observações;
3. Realizar um questionamento: Quais ações podem ser realizadas para resolver os impactos e evitar que eles aconteçam novamente?

### PONTO 4

Tema: Bem estar e lazer - regulação do clima, benefícios para saúde e conservação da biodiversidade

*Interpretação de sons e texturas (10 a 15 min)*

**Objetivos:** estimular a sensibilidade dos alunos por meio do uso dos sentidos da visão, audição e do tato.

**Abordagem:** comentar sobre a importância das áreas verdes nas cidades para regulação do clima, citar os benefícios para saúde que o contato com a natureza causa como a redução do estresse, realizar atividades físicas como corrida e caminhada, informar que a Mata do Carrinho é uma Área de Preservação Permanente e citar sua importância para conservação das espécies.

#### **Atividade:**

1. Pedir que os alunos parem por mais ou menos 2 minutos e observem o entorno em silêncio;

2. Instigar reflexões: diferença entre a temperatura fora do parque e dentro da mata; fator principal que contribui para o clima mais fresco no parque; como a manutenção dessa área verde beneficia a vida da população de Uberaba.
3. Por último solicitar aos alunos para encostarem em algo que encontrarem na trilha e fecharem os olhos por mais ou menos 2 minutos permanecendo em silêncio.
4. Realizar questionamentos: O que vocês sentiram durante essa experiência? O que ouviram? Qual foi o sentido que vocês mais se atentaram durante a experiência?

## **PONTO 5**

Tema: recursos naturais - solo e água

Observação do solo (10 min)

**Objetivos:** observar as características do solo da mata, os organismos macroscópicos presentes e relacionar cada um com as funções ecossistêmicas desempenhadas.

**Abordagem:** destacar as características do solo da nossa região, como coloração e formação; destacar os organismos que podem ser encontrados no solo e as funções que desempenham, como as minhocas, pequenos insetos e outros.

### **Atividade:**

1. Pedir que os alunos se espalhem, observem o solo e sintam a textura da terra na proximidade da trilha;
2. Logo após, solicitar que observem e investiguem a biodiversidade de organismos no solo;
3. Por último, solicitar que registrem suas descobertas e relacionem os organismos com as funções que desempenham no ecossistema da mata.

## **PONTO 6**

Tema: recursos naturais - fauna e flora

Desafio do Click ecológico (20 min)

**Objetivos:** observar os detalhes da fauna e flora por meio de um registro artístico (no formato fotográfico ou de desenho) da diversidade da mata.

**Abordagem:** enfatizar as principais espécies animais e vegetais que podem ser encontradas na Mata do Carrinho, destacando o bioma cerrado, trazendo curiosidades sobre o bioma e o parque.

### **Atividade:**

1. Cada aluno escolhe um elemento da natureza (planta, animal, textura, cor, forma) para fotografar ou desenhar.
2. Ao final, realizar um momento de socialização para que compartilhem com o grupo e expliquem por que escolheram aquele elemento.

## PONTO 9

Tema: Bioindicadores e percepção ambiental

Observação de Bioindicadores (20 min)

**Objetivos:** identificar as características dos líquens nas árvores e contabilizar a quantidade observada em cada uma.

**Abordagem:** explicar o que são os bioindicadores, como eles podem contribuir para revelar a qualidade ambiental do local, mostrar o que são os líquens e que são um tipo de bioindicador presente no parque, propor a atividade.

**Atividade:**

1. Dividir os alunos em grupos com a mesma quantidade de integrantes;
2. Pedir aos alunos que observem as árvores ao entorno do ponto de parada e identifiquem se existem a presença de líquens nas árvores;
3. Identificada a presença de líquens, solicitar que contabilizem a quantidade encontrada, realizar a observação dos organismos com auxílio de lupas de mão ou da câmera do celular como recurso de visualização dos detalhes.

Arte ambiental na busca pela percepção ambiental- Art in nature - utilização materiais orgânicos para construir (30 a 40 min)

**Objetivos:** demonstrar noções sobre percepção ambiental por meio da expressão artística.

**Abordagem:** Promover uma pequena discussão com os alunos sobre suas visões de meio ambiente.

**Atividade:**

1. Dividir os alunos em grupos com a mesma quantidade de integrantes;
2. Pedir que cada grupo crie uma representação artística que demonstre sua vivência durante toda a atividade em meio a natureza, utilizando materiais orgânicos encontrados no chão do percurso da trilha para construir sua obra, como folhas, galhos, flores e pedras.
3. Realizar um momento de apreciação das obras para que os grupos comentem sobre suas criações.

## 5. CONCLUSÃO

Acredita-se que a trilha interpretativa, os roteiros e as atividades de educação ambiental elaboradas neste estudo contribuirão muito para o alcance dos objetivos de criação do Parque Municipal Mata do Carrinho, em Uberaba - MG. Os instrumentos auxiliarão na sensibilização ambiental dos visitantes, que poderão se tornar agentes na conservação e fiscalização do espaço.

## REFERÊNCIAS

- ALENCAR, M. A. S.; NASCIMENTO, V. S. **Educação ambiental: trajetória e fundamentos teóricos metodológicos**. In: ENCONTRO UNIVERSITÁRIO DA UFC NO CARIRI, 4., 2012, Juazeiro do Norte. *Anais...* Juazeiro do Norte: UFC, 2012. p. 1-5. Disponível em: <https://conferencias.ufca.edu.br/index.php/encontros-universitarios/eu-2012/paper/view/1472>. Acesso em: 30 nov. 2023.
- BRASIL. **Lei nº 9.795, de 27 de abril de 1999**. Dispõe sobre a educação ambiental, institui a Política Nacional de Educação Ambiental e dá outras providências. Diário Oficial [da] República Federativa do Brasil, Brasília, DF, 28 abr. 1999. Disponível em: [https://www.planalto.gov.br/ccivil\\_03/leis/19795.htm](https://www.planalto.gov.br/ccivil_03/leis/19795.htm). Acesso em: 20 set. 2023.
- CORRÊA JÚNIOR CARDOSO, R.; WITT, N. G. P. M.; BERTOTI, J. A. Q. Métodos de levantamentos quantitativos e qualitativos da avifauna. **Caderno Intersaberes**, v. 11, n. 35, 2022. Disponível em: <https://www.cadernosuninter.com/index.php/intersaberes/article/view/2361/1838>. Acesso em: 20 ago. 2024.
- GOMES, M. A. S. Parques urbanos e a problemática dos espaços de lazer não implantados em Uberaba-MG. **Caminhos de Geografia**, v. 21, n. 78, p. 237-252, 2020. Disponível em: <https://seer.ufu.br/index.php/caminhosdegeografia/article/view/57961>. Acesso em: 30 nov. 2023.
- GONÇALVES, P. C.; CANTO-SILVA, C. R. Elaboração de roteiro para uma trilha interpretativa no Parque Natural Morro do Osso, Porto Alegre (RS). **Revista Brasileira de Educação Ambiental**, v. 13, n. 3, p. 122-142, 2018. Disponível em: <https://periodicos.unifesp.br/index.php/revbea/article/view/2532>. Acesso em: 20 set. 2023.
- IBGE. **Cidades: Uberaba**. 2025. Disponível em: <https://cidades.ibge.gov.br/brasil/mg/uberaba/panorama>. Acesso em: 2 maio 2025.
- MINAS GERAIS. **Manual de introdução à interpretação ambiental**. Belo Horizonte: IEF, 2002. (Projeto Doces Matas). Disponível em: [http://www.ief.mg.gov.br/images/stories/2019/UCs/interpretacao\\_Ambiental\\_l.pdf](http://www.ief.mg.gov.br/images/stories/2019/UCs/interpretacao_Ambiental_l.pdf). Acesso em: 20 set. 2023.
- PEGORARI, P. O. **Fitossociologia de três fragmentos florestais urbanos de Uberaba, Minas Gerais**. 2007. 60 f. Dissertação (Mestrado em Ecologia e Conservação de Recursos Naturais) - Universidade Federal de Uberlândia, Uberlândia, 2007. Disponível em: Repositório UFU. Acesso em: 17 maio 2025.
- PREFEITURA MUNICIPAL DE UBERABA. **Decreto nº 381, de 1985**. Considera de preservação permanente a Mata do Carrinho. Uberaba: PMU, 1985.
- PREFEITURA MUNICIPAL DE UBERABA. **Plano de caracterização e gestão do Parque Ecológico Mata do Carrinho**. Uberaba: PMU, 2015.
- BRASIL. **Resolução CONAMA nº 369, de 28 de março de 2006**. Dispõe sobre os casos excepcionais, de utilidade pública, interesse social ou baixo impacto ambiental, que possibilitam a intervenção ou supressão de vegetação em Área de Preservação Permanente - APP. Diário Oficial [da] República Federativa do Brasil, Brasília, DF, 29 mar. 2006. Disponível

em: <http://www2.mma.gov.br/port/conama/legiabre.cfm?codlegi=489>. Acesso em: 30 nov. 2023.

SOUZA, D. M.; CREMER, M. J. A trilha ambiental interpretativa em uma unidade de conservação como ferramenta de sensibilização de escolares: uma abordagem quantitativa na rede municipal de ensino de Joinville, Santa Catarina. **Pesquisa em Educação Ambiental**, v. 11, n. 1, p. 94-109, 2016. Disponível em: <https://www.revistas.usp.br/pea/article/view/128723>. Acesso em: 20 set. 2023.

SOUZA, M. C. C. Educação ambiental e as trilhas: contexto para a sensibilização ambiental. **Revista Brasileira de Educação Ambiental**, v. 9, n. 2, p. 239-253, 2014. Disponível em: <https://periodicos.unifesp.br/index.php/revbea/article/view/1807>. Acesso em: 20 set. 2023.

VECHI, A.; MAGALHÃES JÚNIOR, C. A. O.; ROMAGNOLO, M. B. Trilhas interpretativas ecológicas e a conservação da biodiversidade na educação ambiental. **Ambiente & Educação**, v. 27, n. 2, p. 1-29, 2022. Disponível em: <https://periodicos.furg.br/ambeduc/article/view/14242>. Acesso em: 20 set. 2023.

# CAPÍTULO VII

## INTERPRETAÇÃO AMBIENTAL: GEOSSÍTIO PEIRÓPOLIS COMO EXEMPLO DE SENSIBILIZAÇÃO

DOI: 10.51859/ampla.aca007.1125-7

Larissa Oliveira Gonçalves Fernandes <sup>1</sup>

Joyce Silvestre de Sousa <sup>2</sup>

Marina Farcic Mineo <sup>3</sup>

<sup>1</sup> Pós-graduanda em Gestão Ambiental-Diagnóstico e Adequação Ambiental, Instituto Federal de Educação do Triângulo Mineiro (IFTM) - Campus Uberaba, e-mail: larissa.of@estudante.iftm.edu.br

<sup>2</sup> Professora Dra. do Programa de Pós-Graduação lato sensu na área Ambiental, Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Triângulo Mineiro – campus Uberaba., e-mail: joyce@iftm.edu.br

<sup>3</sup> Professora Dra. do Programa de Pós-Graduação lato sensu na área Ambiental, Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Triângulo Mineiro – campus Uberaba, e-mail: marina@iftm.edu.br

### RESUMO

A interpretação ambiental é uma ferramenta essencial para o desenvolvimento do turismo sustentável, contribuindo para a formação de uma consciência ambiental crítica e para a conservação dos recursos naturais e culturais da região. O objetivo deste estudo é criar uma estratégia de educação ambiental e a valorização do patrimônio natural e cultural da região do Geossítio Peirópolis, localizado no município de Uberaba - MG e recentemente reconhecido como Geoparque pela UNESCO. A metodologia adotada envolveu pesquisa bibliográfica, visita técnica *in loco* e análise de boas práticas em geoparques nacionais e internacionais. O diagnóstico revelou carência de sinalização adequada, ausência de conteúdos ambientais nos materiais informativos e necessidade de maior sensibilização dos visitantes quanto à conservação ambiental. Foram propostas trilhas interpretativas para as principais cachoeiras do geossítio, com roteiros autoguiados e painéis informativos abordando temas como biodiversidade e práticas sustentáveis. Também foi sugerido um programa de capacitação para os guias locais, visando fortalecer o vínculo entre comunidade e geoparque.

Palavras-chave: Conscientização ambiental, Geoparques, Educação ambiental, Turismo sustentável.

### 1. INTRODUÇÃO

Beck e Cable (2011) definem a interpretação ambiental como um processo educacional que visa revelar significados e relações de recursos naturais e culturais ao público, por meio de experiências diretas e envolventes. A interpretação deve ser mais do que a simples apresentação de fatos; ela deve conectar emocionalmente e intelectualmente os visitantes aos recursos interpretados, promovendo uma compreensão mais profunda e um maior apreço pelo meio ambiente

No livro "Interpretation: Making a Difference on Purpose" (2016), Sam H. Ham define a interpretação ambiental como um processo intencional de comunicação que visa provocar uma conexão emocional e intelectual entre o público e os recursos naturais e culturais. Ham enfatiza que a interpretação deve ser planejada com o objetivo de influenciar atitudes e

comportamentos, utilizando técnicas de comunicação eficazes para tornar a experiência significativa e memorável.

A interpretação ambiental em geoparques é uma ferramenta crucial no processo de educação ambiental, pois trabalha técnicas e princípios que visam estimular a compreensão das pessoas em relação à importância ambiental, social, cultural e econômica do meio ambiente.

O conceito de Geoparque surgiu da necessidade de conservar, preservar e definir os limites territoriais que possuem patrimônio geológico. As estratégias de desenvolvimento para essa iniciativa devem basear-se em ações de geoconservação, políticas de educação e sensibilização ambiental (Ferreira *et al.*, 2023).

O Geoparque de Uberaba localiza-se no Uberaba - Minas Gerais (MG) e recebeu recentemente a chancela da Organização das Nações Unidas para a Educação, a Ciência e a Cultura (UNESCO), passando a fazer parte de um grupo seleto de geoparques mundiais, o que se faz esperar um maior número de turistas e mais investimentos na região. O Geoparque Uberaba - Terra de Gigantes possui como diferencial a quantidade de registros fósseis de dinossauros que foram encontrados no município, os quais são reconhecidos no mundo todo. Ademais, como registros culturais destaca-se a criação do gado zebu, que é uma importante geração de renda para a cidade e, como terceiro pilar, o símbolo de religiosidade do médium Chico Xavier (Ribeiro & Carvalho, 2007).

Uma das principais atrações do Geoparque Uberaba - Terra de Gigantes é o Geossítio Peirópolis. No local, observa-se um aumento significativo no número de visitantes, atribuído às várias iniciativas de revitalização e ampliação de horários de funcionamento, além de eventos culturais. Segundo o relatório do ano de 2023 da Prefeitura Municipal de Uberaba, os museus e geossítios da cidade, incluindo Peirópolis, receberam um total de 254.819 visitantes entre janeiro e novembro de 2023.

O processo de se tornar um Geoparque reconhecido mundialmente requer compromissos firmes por parte das comunidades locais; fortes e múltiplas parcerias locais com apoio público e político de longo prazo; além do desenvolvimento de uma estratégia abrangente que atinja todos os objetivos das comunidades, enquanto mostra e protege o patrimônio geológico da área. Por isso, é de suma importância que sejam implementadas estratégias voltadas para o desenvolvimento sustentável a fim de garantir que, com o crescimento do turismo, surjam iniciativas que valorizem os recursos naturais existentes na área a fim de preservar essas áreas.

Desse modo, a presente pesquisa buscou contribuir para a consolidação da interpretação ambiental no Geossítio Peirópolis, localizado no Geoparque Uberaba - MG. O

objetivo principal do estudo foi propor ações/adequações de modo a ofertar a interpretação ambiental de forma mais completa e ampla aos visitantes do Geossítio Peirópolis, fazendo uso de elementos interpretativos como painéis e trilhas.

## 2. REFERENCIAL TEÓRICO

Em 1972, a partir da Conferência das Nações Unidas sobre o meio ambiente, ocorrida em Estocolmo, houve a primeira iniciativa institucional internacional referente à questão ambiental. A UNESCO passou a adotar os conceitos de proteção do patrimônio mundial cultural e natural (OLIVEIRA *et al*, 2013). No entanto, foi somente durante o 30º Congresso Internacional de Geologia de Pequim, em 1996, que as discussões sobre uma alternativa que pudesse ao mesmo tempo proteger o patrimônio geológico e promover o desenvolvimento sustentável local, deram origem ao conceito de geoparque (IMBERNON *et al*, 2015). Segundo Brilha, 2009, o conceito de geoparque surge como uma estratégia de desenvolvimento sustentável baseada na conservação do patrimônio geológico, em associação com os demais elementos do patrimônio natural e cultural. Todavia, a ideia do estabelecimento de geoparques foi colocada em prática apenas a partir de 2000 na Europa, quando se reuniram representantes de territórios europeus com o objetivo de discutir a saída para problemas socioeconômicos regionais, pautada na proteção do patrimônio geológico e do turismo. Desse encontro derivou a assinatura da declaração a qual deu origem a Rede Europeia de Geoparques (IMBERNON *et al*, 2015).

Atualmente, um comitê específico da UNESCO identifica locais de “valor universal excepcional” de acordo com rígidos critérios e os inclui em uma lista (OLIVEIRA *et al*, 2013). Também define que o geoparque deve essencialmente preservar o patrimônio geológico; educar e ensinar o público sobre as questões ambientais; fornecer instalações de pesquisa para geociências e garantir o desenvolvimento sustentável.

Em março de 2024, Uberaba tornou-se o primeiro município de Minas Gerais a receber a chancela da UNESCO, fato que não só promove a conservação do patrimônio natural e cultural, mas também impulsiona o turismo e o desenvolvimento sustentável da região. Diante deste cenário, a educação ambiental adquire um papel fundamental na construção de uma visão integradora e holística, buscando uma relação equilibrada entre a preservação do meio ambiente, do patrimônio cultural e da qualidade de vida das populações locais. Nascimento *et al*. (2016) afirmam que a educação ambiental pode alavancar todo um processo de formação do cidadão consciente e crítico de sua posição diante das questões ambientais e éticas, e suas correlações, vivenciadas no meio ambiente do qual é parte integrante. No sentido de estimular

a relação sustentável com os recursos de bem comum, a educação ambiental tem o compromisso de contribuir com a formação do sujeito, tanto no âmbito racional/pragmático quanto no âmbito ético e moral, estimulando a superação da relação utilitarista que se tem com os elementos naturais (Nascimento, Ferreira e Cunha, 2016).

A utilização da interpretação ambiental como instrumento do processo de educação ambiental busca facilitar a compreensão e a apreciação da natureza. Ou seja, a interpretação ambiental é a tradução das informações sobre a natureza de uma forma que pessoas de diferentes idades e formação sejam capazes de compreender. É uma técnica educativa e de comunicação que traz conhecimento, reflexão e tomada de decisão em relação ao lugar que os visitantes frequentam.

Ham (1992) destaca que a interpretação ambiental inclui a tradução da linguagem técnica de uma ciência natural em ideias que as pessoas em geral, que não são técnicas, possam facilmente entender. Isto implica em fazê-la de forma que possa ser entendida e interesse aos ouvintes. Tonin (2007) diz que a interpretação ambiental é a arte de explicar ao homem seu lugar no meio, tendo como finalidade aguçar sua consciência sobre a importância dessa interação, despertando um sentimento de pertencimento ao meio e um desejo de contribuição para a conservação do local visitado.

Dessa forma, conhecendo as atividades de turismo e a probabilidade de atrair cada vez mais visitantes nas áreas do Geossítio Peirópolis, é estratégico o desenvolvimento da interpretação ambiental, de modo a estimular o entendimento das pessoas em relação ao meio ambiente e minimizar os problemas decorrentes do uso público. O objetivo da interpretação ambiental é solicitar ao visitante um comportamento adequado, enquanto o sensibiliza por meio de elementos interpretativos.

Segundo Vasconcelos (1997), a interpretação ambiental (especialmente trilhas interpretativas) quando bem planejada e implantada, pode:

- Conectar os visitantes com o lugar, criando consciência, maior compreensão e apreciação dos recursos naturais e culturais protegidos, diminuindo as pressões negativas;
- Provocar mudanças de comportamento, atraindo e engajando as pessoas nas tarefas de conservação;
- Aumentar a satisfação do usuário, criando uma impressão positiva sobre a área protegida e a instituição responsável;
- Influenciar a distribuição dos visitantes, tornando-a planejada e menos impactante.

De acordo com Moreira (2010), os meios interpretativos podem ser compreendidos de duas formas: guiados (personalizado), ou seja, aquele que depende do auxílio de outro ser humano – o guia ou condutor, e autoguiado (não personalizado), aquele que depende do auxílio de objetos – placas, painéis, folders etc. em que o visitante irá se localizar independentemente.

Nesse artigo, buscou-se analisar de que forma a interpretação ambiental pode ser desenvolvida no Geossítio Peirópolis e propor ações buscando estabelecer um elo entre o visitante e os recursos naturais.

### 3. METODOLOGIA

Para atender ao objetivo proposto, a primeira etapa consistiu em uma pesquisa bibliográfica sobre o tema interpretação ambiental em Geoparques, incluindo livros, artigos, relatórios e outros documentos técnicos sobre o assunto. Em seguida, foram analisadas estratégias já definidas pelo Geossítio Peirópolis, bem como a caracterização do local. Essas informações foram obtidas por meio de uma visita técnica *in loco*, durante a qual foram coletados dados sobre a quantidade e o conteúdo dos painéis informativos, as trilhas existentes e os elementos interpretativos presentes no espaço. A próxima etapa consistiu-se na análise de estudos de caso de geoparques que implementaram com sucesso programas de interpretação ambiental, buscando identificar boas práticas e estratégias eficazes.

A caracterização do local foi realizada durante os meses de dezembro/2024 e janeiro/2025, com uma abordagem qualitativa da interpretação ambiental. Toda a área foi percorrida e foram coletadas informações sobre a localização de pontos com potencial específico para ecoturismo e histórico de visitação. Além disso, procedeu-se à observação da interação dos visitantes com o ambiente ao por meio das visitas guiadas aos museus, onde é possível explorar a geologia, fósseis e a história do local. Essas visitas proporcionam uma experiência educativa rica, permitindo que os visitantes aprendam sobre a formação geológica da região e os fósseis de dinossauros encontrados em Peirópolis.

A caracterização do local e a observação da interação dos visitantes formaram a base para a elaboração de ações de interpretação ambiental. A interpretação ambiental sugerida para impulsionar a gestão ambiental do local será por meio da criação de painéis informativos e rotas para as trilhas interpretativas.

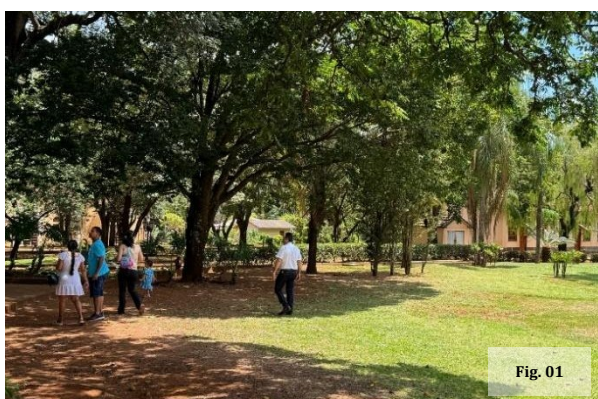
### 4. RESULTADOS

Durante as visitas, verificou-se que o Geossítio Peirópolis é um destino popular entre os moradores de Uberaba nos finais de semana, que buscam reunir a família e desfrutar de

momentos ao ar livre. Observou-se diversas atividades recreativas, como famílias fazendo piqueniques, crianças soltando pipas e passeios a cavalo, que promovem a interação social e o contato com a natureza. Ademais, além das proximidades do museu, notou-se pessoas realizando trilhas até as cachoeiras, onde podem apreciar a beleza natural e a tranquilidade do ambiente. Passeios de quadriciclo também são comuns, oferecendo uma forma emocionante de explorar a área. Essas atividades não apenas enriquecem a experiência dos visitantes, mas também incentivam a conservação e o respeito pelo patrimônio natural e cultural do geoparque.

As figuras 1 a 18 ilustram detalhadamente a caracterização do local, destacando suas principais características ecológicas e culturais, bem como suas potencialidades. Essas imagens foram selecionadas para proporcionar uma visão abrangente e informativa sobre os elementos que compõem o Geossítio Peirópolis, incluindo informações sobre aspectos culturais, ecológicos e ambientais, bem como pontos que podem ser melhorados em sua gestão por meio de uma interpretação ambiental representativa.

Figuras 1, 2, 3 e 4: Famílias realizando diferentes atividades recreativas no Geossítio Peirópolis, Geoparque Uberaba - MG.



Fonte: Autores (2025).

Figuras 5 e 6: Estruturas de atendimento ao público do Geossítio Peirópolis, Geoparque Uberaba - MG.



Fonte: Autores (2025).

Figuras 7, 8, 9 e 10: Exemplos de coletores de descarte de resíduos sólidos domésticos encontrados no Geossítio Peirópolis - Geoparque Uberaba - MG.



Fonte: Autores (2025).

Figuras 11, 12, 13 e 14: Placas informativas apresentando identificação das cachoeiras do Geossítio Peirópolis, Geoparque Uberaba - MG.



Fig. 11



Fig. 12



Fig. 13



Fig. 14

Fonte: Autores (2025).

Figuras 15 e 16: Elementos interpretativos encontrados no Geossítio Peirópolis, Geoparque Uberaba - MG.

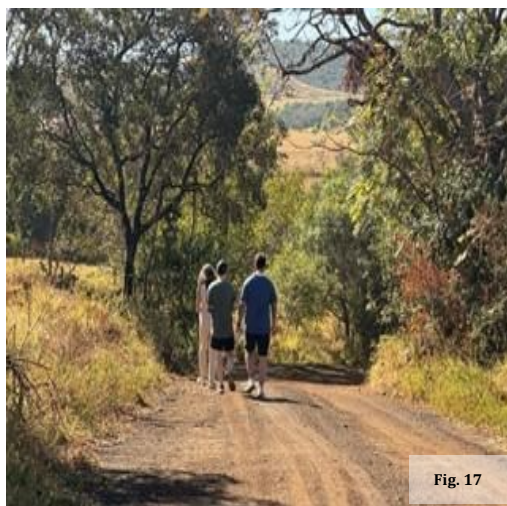


Fig. 15



Fig. 16

Fonte: Autores (2025).



Fonte: Autores (2025).

Durante a etapa de caracterização do local observou-se deficiência de elementos interpretativos. Como exemplo, cita-se que nas visitas guiadas são abordados temas relacionados à paleontologia e história natural da região, têm-se a presença de pontos de exposição de fósseis de dinossauros, painéis explicativos e dioramas reconstituem cenários mostrando a evolução dos animais e vegetais. No entanto, não são transmitidas para os visitantes informações sobre os aspectos ambientais do local ou sobre o comportamento esperado em relação ao descarte de resíduos.

O maior contato com o visitante é por meio das visitas guiadas, sendo este o momento ideal para transmissão de orientações. Sendo assim, sugere-se o complemento do roteiro das visitas com tópicos de sensibilidade ambiental como espécies de animais e plantas que habitam o local, descarte de resíduos, trânsito consciente, consumo de água potável, trilhas para acesso às cachoeiras e programas de ecoturismo na região.

Outro aspecto que apontou necessidade de melhorias foi a sinalização das cachoeiras. Atualmente, há uma quantidade insuficiente de placas indicando o acesso às quedas d'água, o que resulta em dificuldades para os visitantes localizarem esses pontos de interesse. A falta de sinalização adequada não só compromete a experiência dos visitantes, mas também pode representar um risco à segurança, especialmente para aqueles que não estão familiarizados com a área. Para resolver esse problema, recomenda-se a instalação de placas de sinalização a intervalos regulares, idealmente a cada um quilômetro. Essas placas devem ser claras e visíveis, contendo informações detalhadas sobre a direção e a distância até as cachoeiras. Além disso, seria benéfico incluir mapas ilustrativos e informações adicionais sobre a geologia e a ecologia das cachoeiras, enriquecendo a experiência educativa dos visitantes.

A implementação de uma sinalização adequada não só melhoraria a acessibilidade e a segurança, mas também poderia aumentar a satisfação dos visitantes, incentivando um maior número de visitas e promovendo o turismo sustentável na região. A sinalização adequada é um elemento crucial para garantir que os visitantes possam explorar e apreciar plenamente as belezas naturais do geoparque, ao mesmo tempo em que se sentem seguros e bem-informados.

Verificou-se que os painéis informativos atualmente instalados não abordam questões de educação ambiental, o que representa perda de oportunidade de sensibilização dos visitantes sobre a importância da conservação e sustentabilidade. Para resolver essa lacuna, é altamente recomendável que tópicos essenciais às questões ambientais sejam claramente expressos em pontos estratégicos, especialmente nas áreas de maior concentração de visitantes.

Esses painéis devem incluir informações sobre a biodiversidade local e os ecossistemas encontrados, a geologia do geoparque e as práticas de conservação ambiental que estão sendo implementadas. Além disso, é importante abordar temas como a importância da preservação dos recursos naturais, os impactos das atividades humanas no meio ambiente e as ações que os visitantes podem adotar para minimizar seu impacto ambiental.

A inclusão de conteúdos educativos nos painéis informativos não só enriquecerá a experiência dos visitantes, mas também contribuirá para a formação de uma consciência ambiental mais sólida. Destaca-se que os painéis informativos precisam ser instalados em pontos estratégicos ao longo das trilhas.

Ao proporcionar informações relevantes e acessíveis, os visitantes serão incentivados a valorizar e proteger o patrimônio natural do Geossítio Peirópolis, promovendo um turismo mais sustentável e responsável. Esses painéis têm como finalidade fornecer informações detalhadas sobre a geologia, a biodiversidade e a história cultural do geossítio, promovendo a educação ambiental e a conscientização dos visitantes sobre a importância da conservação do patrimônio natural. A figura 19 apresenta um modelo de painel informativo elaborado para orientar o acesso às cachoeiras localizadas no Geossítio Peirópolis.

Figura 19: Material elaborado em formato de painel informativo para acesso às cachoeiras Geossítio Peirópolis, Geoparque Uberaba - MG.



Fonte: Autores (2025).

Ressalta-se que, para os demais temas relacionados à gestão ambiental que ainda carecem de sinalização ou comunicação adequada, recomenda-se a elaboração de painéis informativos seguindo este mesmo padrão, de modo a garantir uniformidade na linguagem visual e coerência nas diretrizes de manejo e conservação.

Da mesma forma, recomenda-se que devam ser elaborados roteiros de trilhas para as trilhas localizadas no Geossítio Peirópolis, visando proporcionar aos visitantes conhecimento e valorização do espaço natural e construído encontrado no local. Este roteiro deve ser cuidadosamente planejado para incluir as principais quedas d'água da região, destacando suas características geológicas e ecológicas, oferecendo uma experiência enriquecedora e educativa.

A implementação dessas trilhas e painéis informativos visa não apenas melhorar a experiência dos visitantes, mas também contribuir para o desenvolvimento sustentável do geossítio, incentivando práticas de turismo responsável e a valorização do meio ambiente.

Acerca das visitas guiadas, estas seriam conduzidas por colaboradores treinados, focariam na educação ambiental e geológica, e proporcionariam informações detalhadas sobre a história, a geologia, biodiversidade do geoparque e educação ambiental.

Acerca das visitas independentes, sugere-se que os visitantes recebam mapas e informações para explorar as trilhas por conta própria, com sinalização adequada e pontos de interesse marcados (visitas autoguiadas). Painéis informativos instalados em pontos estratégicos forneceriam informações sobre a geologia, a flora, a fauna e a história do geoparque, permitindo que os visitantes aprendam no seu próprio ritmo. Ferramentas digitais como aplicativos e/ou audioguias podem complementar essa experiência e oferecer informações detalhadas e interativas sobre o geoparque, acessíveis via smartphones ou

dispositivos de áudio. As áreas de recreação e contemplação podem receber destaque nos mapas, para que os visitantes possam usufruir dos espaços para relaxar, apreciar a paisagem e se conectar com a natureza de forma independente.

Aspirando melhorar a experiência dos visitantes que optam pelas trilhas autoguiadas, elaborou-se um roteiro para as trilhas das cachoeiras no Geossítio Peirópolis. Este roteiro, apresentado nas figuras 21 a 26, inclui mapas detalhados, o que permite que os visitantes explorem as cachoeiras de forma independente e segura, enquanto apreciam a beleza natural e aprendem sobre a importância da conservação ambiental.

Para a elaboração dos painéis informativos para o interior do geossítio, sugere-se um levantamento detalhado das informações ambientais e ecológicas da região. O destaque deve ser dado à importância da conservação ambiental por meio de uma linguagem leve e descontraída de forma que inclua curiosidades para envolver os visitantes.

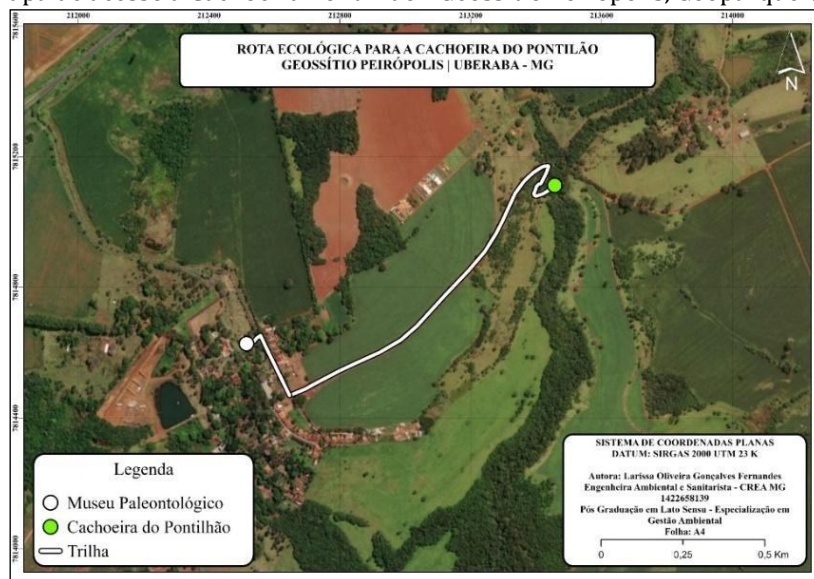
Após a instalação dos painéis, sugere-se a criação de um programa de treinamento para os guias que acompanham as visitas guiadas no Geossítio Peirópolis. Este treinamento tem como objetivo capacitá-los a orientar os visitantes de maneira eficaz com relação às questões ambientais, colaborando com a interpretação ambiental a ser realizada no local. Os guias, após instrução sobre a importância da conservação ambiental e as práticas sustentáveis, deverão utilizar os painéis informativos como ferramentas educativas, destacando os pontos de interesse e curiosidades sobre o local. Um aspecto crucial do treinamento deverá ser a recomendação das melhores épocas para visitar as cachoeiras, especialmente durante a estação das águas, quando o volume de água é maior e as quedas d'água estão em sua forma mais impressionante.

Figura 21: Material elaborado em formato de painel informativo para acesso à Cachoeira Pontilhão - Geossítio Peirópolis, Geoparque Uberaba - MG.



Fonte: Autores (2025).

Figura 21: Mapa de acesso à Cachoeira Pontilhão - Geossítio Peirópolis, Geoparque Uberaba - MG.



Fonte: Autores (2025).

Figura 22: Material elaborado em formato de painel informativo para acesso à Cachoeira Marzolla - Geossítio Peirópolis, Geoparque Uberaba - MG.

## CACHOEIRA DO MARZOLA

**Extensão:** 750 m

**Tempo de caminhada:** 9 minutos

**Grau de dificuldade:** Média

**Observações de campo:** Para acessar a cachoeira, atravesse uma área de pastagem. Após uma caminhada de 5 minutos, você verá o acesso à cachoeira. Caminhe por mais 4 minutos para visualizar a queda d'água. Neste passeio você poderá admirar a natureza enquanto observa borboletas, passarinhos e a fauna rica do local.

Cachoeira que possui 3 metros de queda d'água, de fácil acesso e próximo à comunidade.

Para mais informações, acesse o QR code

Fonte: Autores (2025).

Figura 23: Mapa de acesso à Cachoeira Marzolla - Geossítio Peirópolis, Geoparque Uberaba - MG.



Fonte: Autores (2025).

Figura 24: Material elaborado em formato de painel informativo para acesso à Cachoeira Clemente - Geossítio Peirópolis, Geoparque Uberaba - MG.

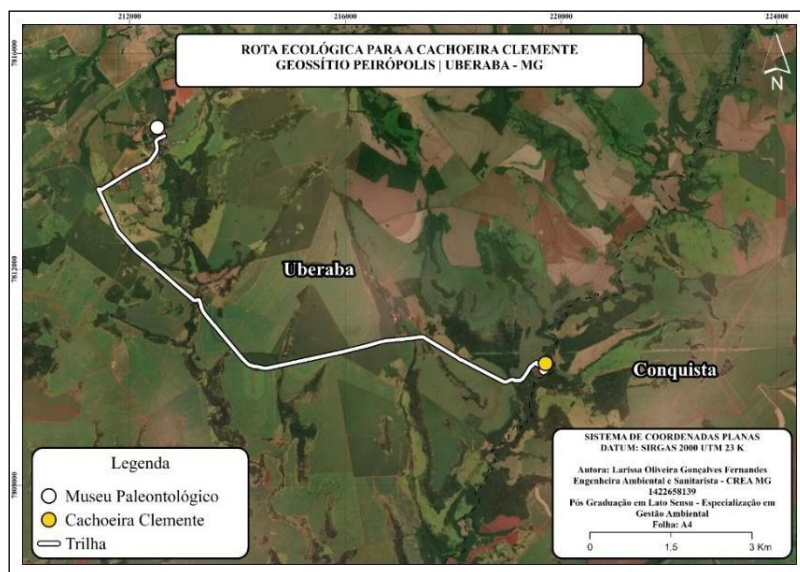
## CACHOEIRA DO CLEMENTE

Extensão: 12,5 Km  
 Tempo de caminhada: 2h e 30min  
 Grau de dificuldade: Média  
 Observações de campo: Ao longo do percurso, você atravessará áreas de pastagem e florestas preservadas, onde poderá observar árvores diversas. A fauna é rica e diversificada, incluindo tamanduás-bandeira, corujas-buraqueiras, tatus, lagartos teiús e diversas espécies de aves e insetos. Prepare-se para uma experiência única de contato com a natureza.

Para mais informações, acesse o QR code

Fonte: Autores (2025).

Figura 25: Mapa de acesso à cachoeira Clemente - Geossítio Peirópolis, Geoparque Uberaba - MG.



Fonte: Autores (2025).

Os guias deverão ser preparados para informar aos visitantes sobre as condições das trilhas e as precauções de segurança necessárias durante estas visitas. Com esse treinamento, os guias estarão aptos a proporcionar uma experiência enriquecedora e segura para os visitantes, promovendo a educação ambiental e a valorização do patrimônio natural do Geossítio Peirópolis. A capacitação contínua destes guias garantirá atualização e preparo para atender às necessidades dos visitantes de maneira eficiente e informativa.

A implementação de roteiros de trilhas e painéis informativos em um geoparque pode gerar diversos impactos positivos, tanto para o meio ambiente quanto para a comunidade local e os visitantes. Primeiramente, esses elementos proporcionam sensibilização dos visitantes sobre a importância da conservação dos recursos naturais e culturais, proporcionando uma experiência educativa que ajuda a entender melhor a geologia, a biodiversidade e a história do local. Além disso, destacam as características únicas do geoparque, promovendo a valorização e o respeito pelo patrimônio natural, incentivando a preservação das formações geológicas, da flora e da fauna locais.

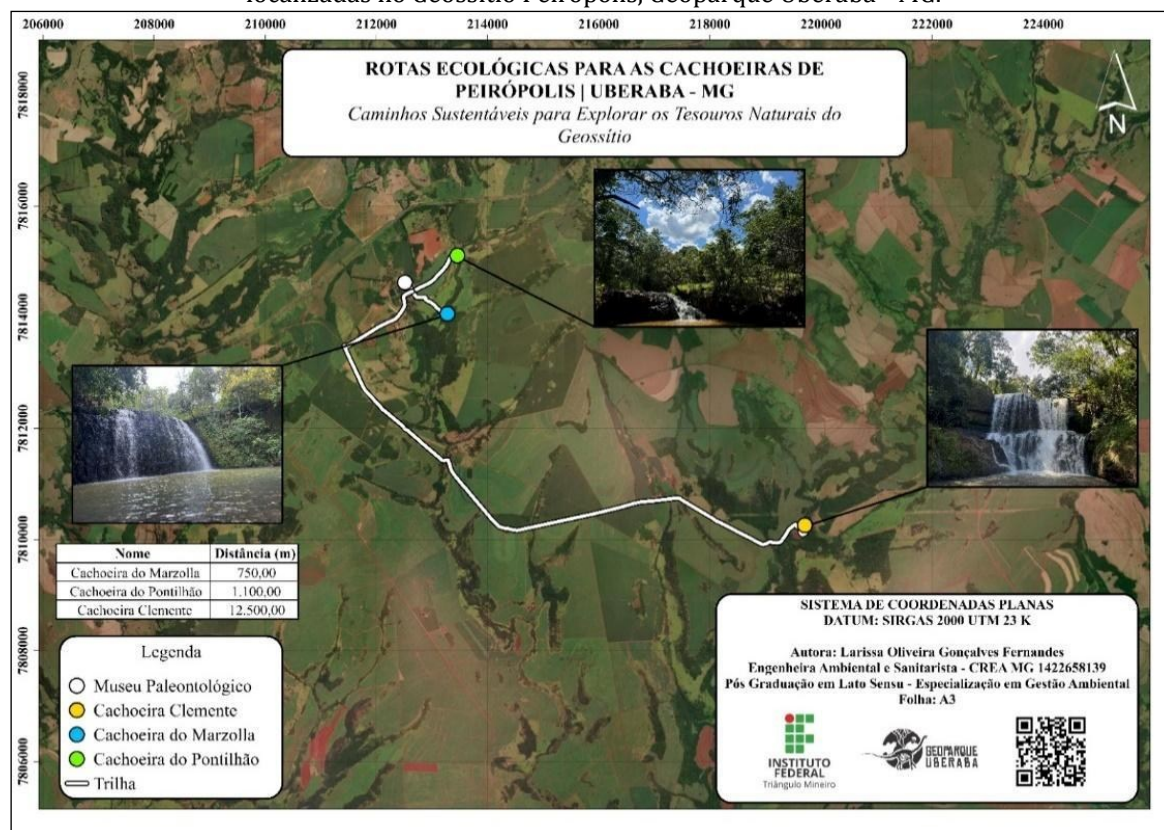
O desenvolvimento do turismo sustentável é outro grande impacto, atraindo visitantes interessados em turismo ecológico e sustentável, o que contribui para a economia local e reduz o impacto ambiental do turismo, promovendo práticas responsáveis. Para a comunidade local, esses projetos criam oportunidades de emprego e capacitação para jovens aprendizes e guias locais, fortalecendo o vínculo entre a comunidade e o geoparque e promovendo um sentimento de pertencimento e responsabilidade compartilhada. A experiência dos visitantes é melhorada, proporcionando uma visita mais rica e informativa, aumentando a satisfação e facilitando a

locomoção e a exploração do geossítio, tornando a visita mais segura e agradável. Além disso, a promoção da pesquisa científica é estimulada, fornecendo dados e informações valiosas que podem ser utilizados em estudos acadêmicos e projetos de conservação.

Por fim, as ações propostas incentivam os visitantes a adotarem práticas de conservação e a se tornarem defensores do meio ambiente, promovendo a importância da preservação dos ecossistemas e da biodiversidade para as futuras gerações. Esses possíveis impactos demonstram a importância e os benefícios de desenvolver e implementar projetos de interpretação ambiental em geoparques, contribuindo para a educação, a conservação e o desenvolvimento sustentável da região.

A figura 26 apresenta o mapa contendo a trilha de acesso às cachoeiras do Geossítio Peirópolis.

Figura 26: Roteiro Ecológico para as cachoeiras de Peirópolis. Mapa de rotas ecológicas para acesso às cachoeiras localizadas no Geossítio Peirópolis, Geoparque Uberaba - MG.



Fonte: Autores (2025).

## 5. CONSIDERAÇÕES FINAIS

Este estudo teve como objetivo desenvolver ferramentas de interpretação ambiental para o geossítio Peirópolis, visando promover a educação ambiental e a valorização do patrimônio natural e cultural da região. Por meio da elaboração de roteiros de trilhas e painéis informativos, buscou-se proporcionar ao Geossítio Peirópolis materiais que promovam aos

visitantes uma experiência enriquecedora e educativa, destacando as características geológicas, ecológicas e históricas do local. A implementação dessas estratégias pode ser um importante modo de integrar a educação ambiental nas atividades de geoturismo, sensibilizando os visitantes sobre a necessidade de conservar os recursos naturais e culturais. Além disso, a proposta de treinamento dos guias para orientar os visitantes quanto aos aspectos ambientais reforça o compromisso com a sustentabilidade e a segurança dos visitantes.

Dentre os impactos positivos deste trabalho, espera-se o aumento da conscientização ambiental, a valorização do patrimônio natural, o desenvolvimento do turismo sustentável, a criação de oportunidades para a comunidade local, a promoção da pesquisa científica, contribuindo para a conservação e o desenvolvimento sustentável da região.

A continuidade e o aprimoramento dessas iniciativas são essenciais para garantir a preservação do Geossítio Peirópolis e a promoção de um turismo responsável e educativo. Dessa forma, objetivando a continuidade do trabalho de interpretação ambiental no geossítio Peirópolis propõe-se algumas sugestões. Sugere-se expandir as trilhas existentes e adicionar novas, explorando áreas menos conhecidas do geossítio e incluindo mais painéis informativos. Segure-se também que programas educativos e oficinas sejam organizados para escolas e grupos comunitários, com enfoque em temas como geologia, ecologia e conservação ambiental. Materiais didáticos e *kits* educativos podem ser desenvolvidos para uso em sala de aula ou durante visitas guiadas. Programas de monitoramento ambiental podem ser implementados para acompanhar a saúde dos ecossistemas e a qualidade da água nas cachoeiras, além de desenvolver planos de conservação específicos para espécies ameaçadas e habitats sensíveis.

Posteriormente, materiais educativos como folhetos e guias, poderão ser criados a partir do desenvolvimento deste trabalho, a fim de realizar a distribuição aos visitantes, proporcionando informações adicionais sobre o Geossítio Peirópolis bem como a produção de material digital que possa ser acessado via *QRCode*.

A implementação das estratégias indicadas pode ser realizada inicialmente como um projeto piloto, permitindo testar e ajustar as abordagens propostas. Com a execução, será possível avaliar a importância das ações aplicadas, medindo o impacto no turismo no geossítio, utilizando-se de indicadores como o aumento do número de visitantes nas trilhas e a participação em painéis interativos sobre a conservação ambiental.

Por fim, a avaliação contínua das estratégias de interpretação ambiental é essencial. Avaliar a resposta dos visitantes e da comunidade local as ações permitirá mensurar a eficácia das trilhas e painéis informativos, utilizando essas informações para a realização de melhorias contínuas nas infraestruturas e nas abordagens educativas do geossítio. Dessa forma, o trabalho

de interpretação ambiental pode evoluir, promovendo a educação, a conservação e o desenvolvimento sustentável do Geossítio Peirópolis.

## REFERÊNCIAS

- BECK, L.; CABLE, T. **The gifts of interpretation: fifteen guiding principles for interpreting nature and culture**. Urbana: Sagamore Publishing, 2011.
- BRILHA, J. **Patrimônio geológico e geoconservação: a conservação da natureza na sua vertente geológica**. Braga: Palimage, 2005. 190 p.
- BRILHA, J. B. R. A importância dos geoparques no ensino e divulgação das geociências. **Revista do Instituto de Geociências - USP**, São Paulo, n. 5, p. 27-33, 2009. (Publicação Especial).
- BOGIANNI, P. C. A aplicação do conceito de geoparque da UNESCO no Brasil e relação com o SNUC - Sistema Nacional de Unidades de Conservação. **Revista Patrimônio Geológico e Cultura**, v. 1, n. 1, jun. [ano].
- ESCRIVÃO, G.; NAGANO, M. Gestão do conhecimento na educação ambiental: estudo de casos em programas de educação ambiental em universidades brasileiras. **Perspectivas em Ciência da Informação**, v. 19, n. 4, p. [paginação], 2014. Disponível em: <https://doi.org/10.1590/1981-5344/1602>. Acesso em: [data].
- FERREIRA, L. P. et al. **Geoparques: conceitos, características e situação no Brasil**. Pelotas: Universidade Federal de Pelotas, 2023.
- IMBERNON, L. et al. Cap. 10 - Estudo comparativo da Educação Ambiental desenvolvida numa unidade de conservação no Brasil e em geoparques em Portugal. In: BACCI, D. L. C. (Org.). **Geociências e educação ambiental**. 1. ed. [Local]: [Editora], 2015.
- HAM, S. **Interpretacion ambiental: uma guia pratica para gente com grandes ideas y presupuestos pequenos**. Colorado: North American Press, 1992. 437 p.
- HAM, S. H. **Interpretation: making a difference on purpose**. Golden: Fulcrum Publishing, 2016.
- LA TAILLE, Y. **Moral e ética: dimensões intelectuais e afetivas**. Porto Alegre: Artmed, 2006.
- MOREIRA, J. C. **Geoturismo e interpretação ambiental**. Ponta Grossa: UEPG, 2011.
- MOREIRA, J. C. Geoturismo aliado a painéis informativos: uma proposta para o Buraco do Padre, Ponta Grossa (PR). 2010. Disponível em: <https://www.researchgate.net/publication/269955691>. Acesso em: [data].
- MOREIRA, J. C. Geoturismo: uma abordagem histórico-conceitual. In: SEMINÁRIO DA ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE PESQUISA E PÓS-GRADUAÇÃO EM TURISMO, 6., 2009, São Paulo. **Anais...** São Paulo: Universidade Anhembi Morumbi, 2009.
- MOREIRA, J. C. **Patrimônio geológico em unidades de conservação: atividades interpretativas, educativas e geoturísticas**. 2008. 357 f. Tese (Doutorado em Geografia) - Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2008.

NASCIMENTO, E. F.; FERREIRA, A. P.; CUNHA, I. S. **Educação ambiental e sustentabilidade: princípios e práticas**. São Paulo: Editora Ambiental, 2016.

OLIVEIRA, J. A. P. et al. Sítio Peirópolis e Serra da Galga, Uberaba, MG - Terra dos dinossauros do Brasil. In: WINGE, M. et al. (Eds.). **Sítios geológicos e paleontológicos do Brasil**. [Local]: [Editora], 2013. Disponível em: [https://igeo.ufrj.br/inc/isc/1/1\\_32.pdf](https://igeo.ufrj.br/inc/isc/1/1_32.pdf). Acesso em: [data].

PEREIRA, C. C. et al. Percepção e sensibilização ambiental como instrumentos à educação ambiental. **Revista Eletrônica do Mestrado em Educação Ambiental**, v. 30, p. [paginação], 2013. Disponível em: <https://periodicos.furg.br/remea/article/view/3930>. Acesso em: [data].

PREFEITURA MUNICIPAL DE UBERABA. **Relatório anual de turismo 2023**. Uberaba: PMU, 2023. Disponível em: <http://www.uberaba.mg.gov.br/facilitatudo/acervo/turismo/arquivos/Rota-dos-Geossitios-e-Sitios-Culturais.pdf>. Acesso em: [data].

RIBEIRO, L. C. B.; CARVALHO, I. S. Sítio Peirópolis e Serra da Galga, Uberaba, MG - Terra dos dinossauros do Brasil. In: WINGE, M. et al. (Eds.). **Sítios geológicos e paleontológicos do Brasil**. [Local]: [Editora], 2007. Disponível em: [https://igeo.ufrj.br/inc/isc/1/1\\_32.pdf](https://igeo.ufrj.br/inc/isc/1/1_32.pdf). Acesso em: [data].

TONIN, G. Interpretação ambiental como instrumento educativo e transformador. 2007. Disponível em: <https://www.webartigos.com/artigos/interpretacao-ambiental-como-instrumento-educativo-e-transformador/2413/>. Acesso em: [data].

UNESCO. **Geoparques mundiais da UNESCO**. [2024]. Disponível em: <https://www.unesco.org>. Acesso em: 4 set. 2024.

UNESCO. **The criteria for selection**. [2023]. Disponível em: <https://whc.unesco.org/en/criteria/>. Acesso em: 8 dez. 2023.

VASCONCELLOS, J. Trilhas interpretativas: aliando educação e recreação. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE UNIDADES DE CONSERVAÇÃO, [ed.], 1997, Curitiba. **Anais...** Curitiba: IAP, 1997.

VISITEUBERABA. **Peirópolis**. [2024]. Disponível em: <https://visiteuberaba.com.br/loais/peiropolis/>. Acesso em: 4 set. 2024.

# CAPÍTULO VIII

## POTENCIAL DA EDUCAÇÃO AMBIENTAL CRÍTICA E EMANCIPATÓRIA COMO CAPACITAÇÃO SOCIOAMBIENTAL PARA A COMUNIDADE SURDA

DOI: 10.51859/ampla.aca007.1125-8

Florença Perez Bóscollo <sup>1</sup>  
Giovanna Teixeira Damis Vital <sup>2</sup>  
Marina Farcic Mineo <sup>3</sup>

<sup>1</sup> Pós-graduanda em Gestão Ambiental, Instituto Federal do Triângulo Mineiro (IFTM), Campus Uberaba, florenca.boscollo@estudante.iftm.edu.br

<sup>2</sup> Docente da Universidade Federal de Uberlândia (UFU), Campus Santa Mônica, giovannadamis@ufu.br

<sup>3</sup> Professora Dra. do Programa de Pós-Graduação lato sensu na área Ambiental, Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Triângulo Mineiro – campus Uberaba, marina@iftm.edu.br

### RESUMO

O estudo analisa a vulnerabilidade da Comunidade Surda no contexto urbano e propõe a Educação Ambiental Crítica e Emancipatória como ferramenta de capacitação socioambiental. Utilizando a metodologia *Design Science Research*, essa análise elenca pesquisas já realizadas sobre o tema e identifica desafios enfrentados por surdos na cidade de Uberaba/MG, incluindo barreiras comunicacionais, exclusão social e ausência de políticas públicas eficazes. A investigação destaca a importância de reconhecer a Comunidade Surda como uma comunidade linguística com identidade cultural própria, sendo essencial garantir seu acesso pleno à cidade. A Educação Ambiental é abordada como um processo holístico e transformador, que estimula a consciência crítica, a visão sistêmica e a atuação cidadã, contribuindo para a superação de desigualdades históricas.

Palavras-chave: hortas urbanas, inclusão social, sustentabilidade socioambiental, surdez.

### 1. INTRODUÇÃO

A diversidade da população de uma cidade deve se refletir em seus espaços físicos, garantindo que sejam acolhedores e utilizáveis por todos, incluindo os grupos subalternizados<sup>1</sup> da sociedade, com a participação dos próprios membros na elaboração das adequações (Sassaki, 2009; Jacobs, 2018; ABNT, 2020).

Ações de Educação Ambiental podem ser utilizadas como instrumentos integrados no planejamento urbano para criar espaços mais inclusivos e acessíveis para comunidades vulneráveis, promovendo uma capacitação socioambiental. A inclusão de grupos vulnerabilizados com deficiências requer uma abordagem abrangente, considerando as necessidades específicas e promovendo a igualdade de oportunidades em todas as áreas da

<sup>1</sup> Termo retirado do texto de Djamila Ribeiro (2017) usado neste artigo para se referir às pessoas que estão em um lugar de maior vulnerabilidade social.

vida. São consideradas pessoas com deficiências – PCDs –, pessoas com deficiência física, mental, intelectual ou sensorial que, em interação com barreiras, podem ter sua participação plena e efetiva na sociedade obstruída (SENADO FEDERAL, 2019).

O que é conhecido como deficiência auditiva pelo grande público, para alguns é o “*deaf ways of being*”<sup>2</sup> (Bauman; Gallaudet University, 2010, p.8), a partir da perspectiva que ser surdo é uma experiência, um jeito de ser e de viver o mundo. E, de fato, é “a barreira é o que me torna deficiente” (Dornelles, 2024) e ela pode ser física, intelectual ou conceitual. As identidades que fazem parte de uma Comunidade Surda (CS) são variadas e multiculturais, o que se manifesta tanto nas múltiplas formas de se vivenciar a surdez, quanto no contexto das interseccionalidades (Perlin, 1998; Gesueli, 2006).

Desse modo, o estudo teve como objetivos analisar os aspectos de vulnerabilidade do grupo subalternizado, a CS, e explorar a possibilidade da aplicabilidade da Educação Ambiental Crítica Emancipatória como capacitação socioambiental, propondo como ambiente-modelo para este fim, a horta urbana.

Os resultados envolvem o entendimento de uma comunidade e cultura linguística em sinais. A importância desta publicação se mostra a partir de como as *questões humano-ambientais*<sup>3</sup> e as lutas pela inclusão social vem se destacando no cenário global, e a necessidade do apontamento das interfaces entre esses temas emergentes, de forma a contribuir para cumprimento de metas de Agendas Contemporâneas<sup>4</sup>.

## 2. METODOLOGIA

A pesquisa adota uma abordagem baseada no *Design Science Research* (Dresch; Lacerda; Antunes Júnior, 2015), conduzida de forma exploratório-teórica, com processo científico abdutivo, que busca desenvolver uma pesquisa propositiva. Assim, explora as temáticas envolvidas com embasamento em referencial teórico reconhecido, voltado à construção de conhecimento a partir de nova perspectiva e proposições em contextos complexos. Essa metodologia foi definida, pela demanda de considerar todo o contexto em que o problema se encontra, e necessidade de considerar questões comportamentais, contextuais e emergentes. A seguir o ensaio crítico com os pressupostos teóricos e os dados que sustentam a discussão.

---

<sup>2</sup> “jeito surdo de ser” (tradução das autoras).

<sup>3</sup> Termo utilizado por Pol (1993) como aprimoramento da expressão “questões ambientais”, pelo peso que, as interações das pessoas com o ambiente, tem nos estudos desse campo de discussão (Cavalcanti e Elali, 2018)

<sup>4</sup> Nova Agenda Urbana; Agenda 2030 (ONU, 2015; 2017)

### 3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

#### 3.1. Comunidade e diversidade cultural

O sentido mais conhecido do grande público em relação ao conceito de comunidade refere-se a um conjunto de pessoas que compartilham de um território geográfico (Johnson, 1997, p.86). Mas essa palavra carrega vários conceitos e, também, diz respeito a um grupo de indivíduos que partilham de um senso de identificação em comum. A partir desse sentido semântico, encontram-se as “comunidades linguísticas – o conjunto dos que compartilham de uma língua comum” (ibid., p.246).

As comunidades são importantes para a criação de vínculos nas relações pessoais e sociais, para que os indivíduos não sejam apenas seres fragmentados, mas tenham referências que sustentem a formação de uma identidade e de um sujeito “antropossocial”<sup>5</sup>. Se formam por meio de coletivos unidos pelos seus lugares de origem, onde os indivíduos se tornam sujeitos sociais por meio das “referências que dão sustentação a uma identidade” (Krenak, 2019, p.14). Representado, neste capítulo, pela formação da Comunidade Surda (Figura 1) e a Língua Brasileira de Sinais (LIBRAS) como o seu *lugar*<sup>6</sup> de origem.

Essa comunidade linguística, na cidade de Uberaba/MG, não é organizada e reconhecida como tal. Ainda tem características de um “conjunto de indivíduos”, que partilham de uma característica em comum, diferente dos ouvintes<sup>7</sup>, com acesso restrito à informação e direito à cidade limitado, devido a barreiras na dimensão comunicacional, metodológica e atitudinal (Sasaki, 2009). Trata-se de um subgrupo<sup>8</sup> em um sistema social mais vasto, da qual compartilham do território geográfico, mas não a linguagem e a forma de se comunicar.

---

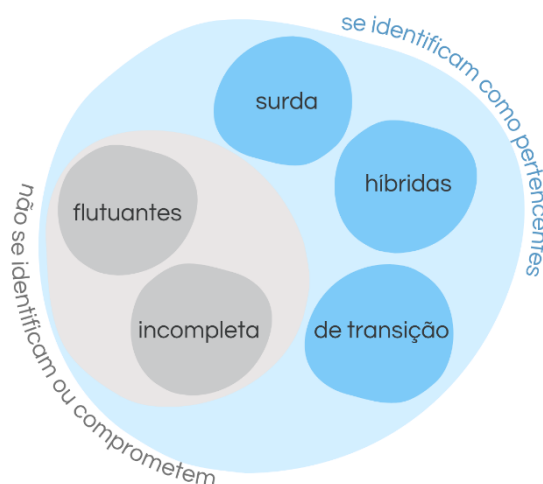
<sup>5</sup> Termo utilizado por Morin (2005 apud Vital, 2013) para descrever a condição do ser humano de forma integrada, considerando os aspectos biológicos, psicológicos e sociais; deve ser compreendido não de forma fragmentada, mas como um conjunto complexo onde essas dimensões se entrelaçam.

<sup>6</sup> A palavra lugar referenciada ao espaço existencial que oferece identidade, orientação e pertencimento (Norberg-Schulz, 1980). Assim, o vínculo entre a Comunidade Surda e a LIBRAS pode ser entendido como um “lugar” simbólico de origem e identidade compartilhada, considerando ainda que, a aceitação da língua de sinais implica na aceitação da cultura surda, implicando diretamente na “importância que a língua de sinais tem na constituição da identidade surda.” (Gesueli, 2006, p.288).

<sup>7</sup> Termo popularmente utilizado em estudos surdos (Perlin, 1998; Gesueli, 2006), para referir a pessoas que escutam pelos ouvidos e comunicam de maneira oralizada, no caso deste capítulo, especificamente utilizando a Língua Portuguesa em sua forma oral e escrita.

<sup>8</sup> “um subgrupo é um conjunto de indivíduos que se identificam como membros de um grupo que é também parte de um sistema social mais amplo ao qual pertencem (...) compartilham (...) de linguagens que diferem das seguidas pela comunidade geral, mas, ao mesmo tempo, sofrem pressão para conformar-se, em certo grau, à cultura mais vasta na qual está enraizada sua subcultura” (Johnson, 1997, p.387)

Figura 1: Os cinco grupos que compõem a Identidade Surda.



Fonte: Bóscollo, Mineo e Damis Vital, 2025, adaptado de Gesueli, 2006.

A diversidade nos sistemas sociais representa as diferentes formas de organização e expressão social, que representam a capacidade de adaptação do ser humano, como também "traduzem maneiras diferentes da sociedade entender, interpretar e interagir com o mundo" (Fávaro et al., 2020, p.9), como, por exemplo, tradicionais processos de exploração de recursos naturais ou a comunicação interpessoal por meio de gestos. As pessoas que usam palavras faladas para conversar, podem aprender com as que precisaram se adaptar, e usam sinais para se comunicar? Para essa compreensão, é necessária uma tomada de consciência pelas pessoas ouvintes que "(...) não somos as únicas pessoas interessantes no mundo, somos parte do todo." (Krenak, 2019, p.30)

A diversidade entre os indivíduos só se torna um desafio quando há estruturas de exclusão na sociedade, que hierarquizam identidades e negam direitos, é importante identificar e aceitar as diferenças, sem automaticamente condená-las de forma negativa (Ribeiro, 2017). Situado o contexto e a importância sobre as comunidades, além da perspectiva abordada neste capítulo, sendo cultural e não de deficiência, partimos para compreender como as comunidades interagem entre si e formam a sociedade<sup>9</sup>. A comunidade ouvinte se encontra cotidianamente habitando as cidades, e quem faz parte da CS, quais espaços urbanos ocupam e se encontram?

A pluralidade de culturas deve se refletir nos espaços físicos da cidade, garantindo que sejam inclusivos para toda a diversidade humana (ABNT, 2020). A participação ativa das comunidades no planejamento urbano é fundamental para que possam materializar suas

<sup>9</sup> "tendem a ser o maior sistema com o qual indivíduos se identificam como membros. (...) é um conceito fundamental em sociologia porque é nesse nível que são criados e organizados os elementos mais importantes da vida social. Virtualmente todos os sistemas sociais de que participamos, da família e religião às ocupações e aos esportes são, de certa maneira, subsistemas de uma sociedade que define seu caráter básico." (Johnson, 1997, p.369-370)

culturas, modos de vida e identidades nos espaços coletivos, fortalecendo o pertencimento e a apropriação dos territórios, e assim, contribuindo para que as cidades se tornem capazes de oferecer algo a todos (Jacobs, 2018).

Nesse sentido, a acessibilidade deve ser compreendida não apenas como norma técnica, mas como um processo construído coletivamente:

Inclusão, como um paradigma da sociedade, é o processo pelo qual os sistemas sociais comuns são tornados adequados para toda a diversidade humana (...) com a participação das próprias pessoas na formulação e execução dessas adequações (Sasaki, 2009, p. 10).

A partir dessa perspectiva, a adoção de metodologias participativas em ambientes como uma horta comunitária, torna-se um instrumento para garantir que os espaços urbanos atendam às necessidades da população em sua pluralidade, de forma multidisciplinar, atributo essencial para integralizar grupos historicamente subalternizados e com restrição a informação, como a CS.

Então, se faz necessário, a elaboração de espaços interativos, que sejam atrativos aos habitantes das cidades, e que também contemplem assuntos multidisciplinares. Pretendendo-se, assim, estimular a interação social e o ensino em ambiente não-formal, buscando contribuir para uma aprendizagem contextualizada, de forma prática, para que os indivíduos identifiquem criticamente quais são suas necessidades básicas cotidianas e interesses em comum com a comunidade, e, nesse sentido, possam ser a participação popular necessária para o desenvolvimento de projetos de qualidade, ou seja, que sejam capazes de oferecer algo a todos da comunidade.

### **3.2. Invisibilidade surda e a barreira comunicacional em cidade média brasileira**

Desde 1991, o Brasil passou a impor obrigações legais a empresas e instituições de ensino, buscando inclusão de surdos no mercado de trabalho e acessibilidade em LIBRAS em diversos níveis da educação. Embora seja reconhecido o avanço nas políticas públicas, observa-se que a CS na cidade de Uberaba-MG continua subalternizada. Baseando-se na análise de Krenak (2019), e aplicando ao contexto, os habitantes da cidade parecem estar condicionados a uma ideia do jeito de ser e de viver ouvinte e a um tipo de comunicação verbal limitante. É preciso buscar uma ruptura desse padrão.

Esclarecendo à realidade do contexto, não há nenhum registro de dados oficiais<sup>10</sup>, que representa a quantidade de habitantes surdos residentes nessa microrregião. A falta de dados quantitativos, neste caso, importa não apenas pela representatividade numérica, mas, também, para o mapeamento de comportamento e de aspectos ligados ao direito à cidade desses cidadãos. Onde se encontram? Tem acesso amplo na cidade? Como interagem com outros moradores do mesmo centro urbano?

No momento da pesquisa, os espaços físicos institucionais, que têm uso bilíngue da cidade são a Associação de Surdos de Uberaba (ASU), fundada em 1981 como entidade civil sem fins lucrativos, o Centro de Capacitação de Profissionais da Educação e Atendimento às pessoas com Surdez (CAS), localizado na Escola Estadual Quintiliano Jardim, e a Escola para surdos Dulce de Oliveira fundada em 1956.

O contato com professores surdos do CAS, e da Escola Dulce de Oliveira, revelam camadas históricas e saberes dessa comunidade. Integrantes da ASU, têm enfrentado desafios na gestão da associação e o atual espaço físico tem sido menos frequentado. A realocação da ASU na cidade, somada à rotina dos surdos na contemporaneidade, com as jornadas de trabalho, resultam em poucas atividades realizadas no local, e a edificação assemelha-se com uma construção ainda em andamento.

### **3.3. Potencial da Educação Ambiental Crítica e Emancipatória como capacitação socioambiental para a Comunidade Surda**

A Educação Ambiental (EA) é um elemento crítico para combater a crise ambiental, como um processo de reconhecimento de valores e clarificação de conceitos, objetivando o desenvolvimento das habilidades e modificando as atitudes em relação ao meio, para entender e apreciar as inter-relações entre os seres humanos, suas culturas e seus meios biofísicos. A Educação Ambiental também está relacionada com a prática das tomadas de decisões e a ética que conduzem para a melhoria da qualidade de vida (Tozoni-Reis, 2002, apud. Fávaro et al., 2020).

A Educação Ambiental (EA) surge como resposta a problemas, como por exemplo de consequências de costumes culturais. É necessário compreender o momento temporal e o cenário global, em que a discussão será inserida, porque trata-se de um processo holístico que considera percepção e visão de mundo. Apesar da variação em definição, um propósito

---

<sup>10</sup>O Censo Demográfico do IBGE (Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística) de 2010 tem levantamento sobre PcD auditiva, mas nada relacionado à totalidade das identidades surdas que se identificam como parte da uma CS no país.

contínuo no conceito da EA é favorecer a adequada interação entre o homem e a natureza a partir da tomada de consciência por parte dos indivíduos e da interdependência dessa relação, para garantir a preservação e conservação do ambiente (Fávaro et al., 2020). A horta poderá significar, de acordo com Vital (2013), um ‘elemento-chave estruturante e estratégico’ capaz de gerar as “conexões que geram e sustentam a interdependência entre os componentes, campos, meios, contextos e sistemas no ecossistema urbano complexo” (Damis Vital e Pina, 2023). Com isso, capaz de catalisar o fortalecimento identitário e do senso comunitário. A horta, nesse sentido e ao mesmo tempo, congrega em si a ideia de uma produção responsiva e ecoeficiente superando a desarticulação que fragmenta a vida contemporânea.

Para atingir as finalidades da EA, os projetos e ações precisam ser desenvolvidos de forma que estejam inseridos na realidade da população-alvo. A seguir um levantamento exploratório da literatura com o objetivo de mapear e compreender os principais elementos teóricos que sustentam a proposta de pesquisa. Consistiu em buscas direcionadas na plataforma *Scholar Google*, a partir de palavras-chave relacionadas aos eixos da pesquisa, como comunidade surda, hortas urbanas, educação ambiental crítica e inclusão socioambiental. A seleção dos textos foi guiada pela análise de títulos, pertinência ao tema e potencial contribuição para a construção da base teórica do estudo, sem a pretensão de esgotar a produção científica sobre o assunto.

Os trabalhos selecionados foram lidos na íntegra e organizados em tabela para fins de ou panorama teórico, com destaque para os principais enfoques e contribuições observados até o momento.

| TABELA DE ARTIGOS |          |                                                            |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                     |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                          |            |
|-------------------|----------|------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------|
| CÓD.              | ANO PUB. | PALAVRAS-CHAVE                                             | CONTRIBUIÇÕES/RESULTADO                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                             | APONTAMENTOS                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                             | PNEA ART.8 |
| EA03              | 2013     | Surdez; Educação Especial; Meio Ambiente                   | <ul style="list-style-type: none"> <li>• categorização em 05 visões sobre meio ambiente e análise percentual</li> <li>• sistematização das respostas de compreensão de educadores sobre os aspectos condicionantes da EA e análise percentual</li> <li>• relação entre visão, conceito e atividade em sala</li> </ul>                                                               | <ul style="list-style-type: none"> <li>• escassez de estudo sobre métodos e técnicas utilizados em ações com surdos</li> <li>• variabilidade entre os educadores no conceito de meio ambiente</li> <li>• conceito com definição técnico-jurídica se torna pouco entendível</li> <li>• trabalhos pluridimensionais não são considerados como EA</li> <li>• abordagem segregada não contribui para visão sistêmica dos alunos</li> <li>• falta abordagem comum entre os educadores</li> <li>• atividade de coleta seletiva destacada das demais relacionadas ao tema</li> <li>• falta de material disponível para pessoas surdas apontado também pelos educadores</li> <li>• plano de ação visual como estratégia para suprir a falta de materiais</li> <li>• propagandas televisivas relacionadas ao meio ambiente, não possuem legenda ou intérprete</li> <li>• falta material ou apoio de profissional para capacitação de professores</li> <li>• faltam estratégias em EA em Licenciaturas e Pedagogia e demais cursos preparatórios para profissionais do contexto escolar</li> </ul> | I; II; III |
| HS01              | 2014     | Educação ambiental; deficientes auditivos; inclusão social | <ul style="list-style-type: none"> <li>• projeto para ações que contribuem com a proposta de metodologia de ensino de EA para CS</li> <li>• oficina piloto de horta vertical</li> </ul>                                                                                                                                                                                             | <ul style="list-style-type: none"> <li>• ausência de materiais específicos adaptados para pessoas Surdas</li> </ul>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                      | II         |
| EA02              | 2015     | Surdez; Educação Especial; Meio Ambiente                   | <ul style="list-style-type: none"> <li>• sistematização genérica de temas e estratégias de EA para alunos ouvintes de acordo com a faixa etária</li> <li>• síntese dos artefatos culturais dos surdos baseado em Strobel (2008)</li> <li>• relato de alternativas para aprimoramento do trabalho de EA</li> <li>• divulgação de material em vídeo com tradução em Libras</li> </ul> | <ul style="list-style-type: none"> <li>• carência de materiais para o trabalho educativo ambiental</li> <li>• poucos trabalhos sobre métodos e práticas de EA aplicáveis ao contexto surdo</li> <li>• práticas de Vivências são eficazes</li> <li>• deixar que o participante expresse seu ponto de vista é fundamental</li> <li>• levar em consideração as habilidades pré-existentes no grupo</li> <li>• identificar quais habilidades o grupo deseja desenvolver</li> <li>• analisar a eficácia de cada estratégia em cada fase de desenvolvimento do surdo</li> <li>• abordagem teórica em língua portuguesa é limitada</li> </ul>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                   | II         |

| TABELA DE ARTIGOS |          |                                                                 |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                       |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                      |            |
|-------------------|----------|-----------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------|
| CÓD.              | ANO PUB. | PALAVRAS-CHAVE                                                  | CONTRIBUIÇÕES/RESULTADO                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                               | APONTAMENTOS                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                         | PNEA ART.8 |
| EA01              | 2021     | -                                                               | <ul style="list-style-type: none"> <li>• 36 sinais específicos foram criados</li> <li>• adaptação de livreto de apresentação para vídeo em Libras</li> <li>• vídeo de treinamento para novos guias em Libras</li> </ul>                                                                                                                                                                                                                                                                                               | <ul style="list-style-type: none"> <li>• falta de sinais que contemplem temas de EA</li> <li>• apresentações orais longas requer uma atenção visual intensa e cansativa</li> <li>• imagens projetadas geram dificuldade pela necessidade de desviar o olhar do intérprete</li> <li>• abordagem prática preceder a abordagem teórica</li> <li>• liberação de perguntas durante abordagem prática</li> <li>• organização espacial para que o intérprete seja sempre visto</li> </ul>                                                                                   | II; III    |
| HS04              | 2022     | Práticas de Ensino; Atividades multidisciplinares; Ecopedagogia | <ul style="list-style-type: none"> <li>• elaboração de práticas educacionais que podem ser trabalhadas tendo a horta como instrumento principal</li> <li>• plano de ação generalizável para implementação de horta urbana</li> <li>• transformação de espaço escolar ocioso em espaço pedagógico</li> <li>• reutilização de materiais e redução do volume de lixo</li> <li>• propostas de atividades práticas distribuídas pelo nível de ensino existente na escola, com objetivo, descrição e metodologia</li> </ul> | <ul style="list-style-type: none"> <li>• projetos ambientais inseridos na realidade da população alvo, muitas vezes são aplicadas em contexto</li> <li>• abordagens fragmentadas que não contemplam visão do todo</li> <li>• mudanças de hábitos significativas a partir de atividades em hortas bem aplicadas e contextualizadas</li> <li>• experiência em horta possibilita desenvolvimento de atividades multidisciplinares</li> <li>• relato de alunos que nunca fizeram plantios</li> <li>• permitiu aos alunos diferentes visões de um mesmo espaço</li> </ul> | I; II      |
| HS02              | 2023     | Libras; poluição por plásticos; Inclusão Social                 | <ul style="list-style-type: none"> <li>• desenvolvimento de sequência didática (horta) com sistematização e relato de aulas teóricas e práticas</li> <li>• transformação de espaço escolar ocioso em espaço pedagógico</li> <li>• exemplificação de reciclagem</li> <li>• exemplificação de reuso da água</li> </ul>                                                                                                                                                                                                  | <ul style="list-style-type: none"> <li>• ausência de materiais didáticos na língua natural dos surdos</li> <li>*descarte de resíduos</li> </ul>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                      | II; IV     |

Ainda que não se configure como uma revisão sistemática, o processo resultou em um panorama teórico que possibilita identificar oportunidades e lacunas relacionadas à inclusão socioambiental da comunidade surda e ao uso das hortas urbanas como espaços educativos bilíngues. Esse mapeamento do tema se insere no escopo do *Design Science Research* (Dresch et al, 2015), ao contribuir para a etapa de "*problem awareness*" (identificação de problemas ou oportunidades), ao mesmo tempo em que colabora para o entendimento do contexto e direciona pesquisas futuras.

#### 4. CONCLUSÃO

A pesquisa evidenciou a necessidade urgente de reconhecer e integrar a Comunidade Surda como um grupo social e cultural legítimo, cuja experiência urbana ainda é marcada por exclusão e invisibilidade. A proposta da Educação Ambiental Crítica e Emancipatória como ferramenta de capacitação socioambiental apresenta-se como uma alternativa potente e transformadora para promover a inclusão social desse grupo, especialmente, em espaços não-formais como as hortas urbanas.

Ao compreender a surdez como uma identidade cultural e linguística – e não como deficiência – amplia-se a percepção sobre as barreiras impostas pelo meio social e urbano. Assim, a construção efetiva de cidades inclusivas e, portanto, sustentáveis passa necessariamente por processos participativos, que considerem a pluralidade humana em suas múltiplas formas de comunicação, expressão e convivência.

A inserção da Comunidade Surda em práticas de Educação Ambiental permite não apenas a construção de conhecimentos relevantes à sustentabilidade, mas também o fortalecimento de vínculos comunitários, o reconhecimento das especificidades linguísticas e a valorização da diversidade. O mapeamento teórico apresentado mostra que, embora existam iniciativas pontuais, ainda são necessárias ações estruturantes e políticas públicas que garantam acesso contínuo e adaptado à informação e à cidadania plena.

Portanto, este trabalho contribui ao destacar caminhos viáveis e éticos para uma educação transformadora, articulando justiça socioambiental, inclusão e respeito às diferenças. Que o horizonte das cidades sustentáveis inclua também o protagonismo da Comunidade Surda na construção de um futuro mais justo e plural.

## REFERÊNCIAS

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 9050: acessibilidade a edificações, mobiliário, espaços e equipamentos urbanos**. Rio de Janeiro: ABNT, 2020.

BAUMAN, H.; GALLAUDET UNIVERSITY. **DeafSpace design guidelines: volume 1**. Washington, D.C.: Gallaudet University, 2010. Disponível em: <https://pinelandsalliance.org/wp-content/uploads/2023/09/Gallaudet-University-DeafSpace-Design-Guidelines.pdf>. Acesso em: 20 abr. 2025.

DAMIS VITAL, G. T.; PINA, S. A. M. G. Postura ecológica responsiva na formação AU: uma genética sistêmica e complexa. In: PEREIRA, P. H. M. (Org.). **Arquitetura e planejamento urbano: modelando o futuro**. Ponta Grossa: Atena, 2024. p. [indicar páginas].

DORNELLES, T. O direito à paisagem para pessoas cegas. In: CONGRESSO INTERNACIONAL DA ARQUITETURA DA PAISAGEM, 7., 2024, Curitiba. **Anais...** Curitiba: Editora Realize, 2024. p. [indicar páginas].

DRESCH, A.; LACERDA, D. P.; ANTUNES JÚNIOR, J. A. V. **Design science research: método de pesquisa para avanço da ciência e tecnologia**. Porto Alegre: Bookman, 2015. e-book. ISBN 978-85-8260-553-0.

FÁVARO, L. C. et al. A história da educação ambiental perpassando pela concepção crítica e emancipatória. 2020. Disponível em: <http://revistaea.org/artigo.php?idartigo=3994>. Acesso em: [data de acesso].

JACOBS, J. **Morte e vida de grandes cidades**. Tradução de C. E. L. Valle. São Paulo: WMF Martins Fontes, 2018. ISBN 978-85-7827-497-2.

JOHNSON, D. P. **Dicionário de sociologia**. Tradução de R. Jungmann. Rio de Janeiro: Zahar, 1997.

KRENAK, A. **Ideias para adiar o fim do mundo**. São Paulo: Companhia das Letras, 2019. ISBN 978-85-359-3241-6.

RIBEIRO, D. **O que é lugar de fala?** Belo Horizonte: Letramento, 2017.

SASSAKI, R. K. Inclusão: acessibilidade no lazer, trabalho e educação. **Revista Nacional de Reabilitação (Reação)**, São Paulo, ano XII, n. [número], p. 10-16, mar./abr. 2009.

VITAL, G. T. D. **Projeto sustentável para cidade: o caso de Uberlândia**. 2013. Tese (Doutorado em Arquitetura e Urbanismo) - Faculdade de Arquitetura e Urbanismo, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2013.

### [Referências da tabela]

[EA01] BARRAL, J.; GIRAUD, F.; RUMJANEK, V. A natureza em suas mãos: aproximando surdos e a educação ambiental. In: RUMJANEK, V. M. (Org.). **Amazônia e meio ambiente: caminhos da educação ambiental crítica**. Rio de Janeiro: Grupo MCCAC, 2021. cap. 17. Disponível em: <https://grupomccac.org/am/capitulo-17/>. Acesso em: 27 maio 2025.

- [HS01] DIAS, E.; COSTA, B.; MOTTA, V. D. Metodologia de educação ambiental para deficientes auditivos: um processo de inclusão. **Scientia Vitae**, v. 2, n. 6, p. 51-54, 2014. ISSN 2317-9066.
- [EA03] PEREIRA, C. A. R. Educação ambiental para surdos na educação básica: estudo de caso. **Revista Eletrônica do Mestrado em Educação Ambiental**, v. 30, n. 2, p. 6-26, 2013. e-ISSN 1517-1256.
- [EA02] PEREIRA, C. A. R.; MELO, J. V. Discussão sobre técnicas e materiais utilizados na educação ambiental e sua aplicabilidade no trabalho junto aos surdos. **Revista Brasileira de Educação Ambiental**, v. 10, n. 3, p. 85-96, 2015.
- [HS04] SANTANA, D. O.; DÓRIA, K. M. A. B. V. S. Horta comunitária como instrumento de educação ambiental: estudo de caso na Escola Estadual Maria Ester das Neves Dutra Damásio. **UNISANTA Bioscience**, v. 11, n. 3, p. 140-159, 2022.
- [HS02] SILVA, H. R.; CARVALHO, H. A sequência didática bilíngue como instrumento de inclusão de alunos surdos no ensino das ciências ambientais: um olhar sobre o descarte irregular de resíduos plásticos. **Vitruvian Cogitationes**, v. 4, n. 1, p. 52-59, 2023. ISSN 2675-9616.

# CAPÍTULO IX

## CÁLCULO DA PEGADA DE CARBONO NO PROCESSO DE PRODUÇÃO DE PAPEL ONDULADO

DOI: 10.51859/amplla.aca007.1125-9

Luiz Guilherme Garcia Baptista <sup>1</sup>

Cláudio Márcio de Castro <sup>2</sup>

Magda Stella de Melo Martins <sup>3</sup>

<sup>1</sup> Pós-graduando do curso de Gestão Ambiental, Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Triângulo Mineiro – campus Uberaba. E-mail: luiz.baptista@estudante.iftm.edu.br

<sup>2</sup> Professor Dr. do Programa de Pós-Graduação lato sensu na área Ambiental, Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Triângulo Mineiro – campus Uberaba. E-mail: claudiomarcio@iftm.edu.br

<sup>3</sup> Professora Dra. do Programa de Pós-Graduação lato sensu na área Ambiental, Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Triângulo Mineiro – campus Uberaba. E-mail: magda@iftm.edu.br.

### RESUMO

Este estudo teve como objetivo desenvolver uma fórmula capaz de quantificar a pegada de carbono associada à produção de papel ondulado em uma indústria de papelão, bem como identificar pontos de melhoria visando à redução das emissões de gases de efeito estufa. Na metodologia, foi adotada uma abordagem quantitativa, de caráter descritivo, transversal e observacional. A investigação concentrou-se nos setores responsáveis pela fabricação do papel ondulado dentro de uma indústria de papel. Foram incluídos os setores diretamente envolvidos na produção do papel ondulado, considerando suas emissões de CO<sub>2</sub> e equivalentes de CO<sub>2</sub>, enquanto outros gases emitidos por esses setores e seus impactos ambientais foram excluídos. A quantificação da pegada de carbono foi realizada com base nos dados de emissões registrados no período de outubro de 2023, por meio do cálculo das emissões de CO<sub>2</sub> e gases de efeito estufa equivalentes em cada setor emissor. Os resultados indicaram que a pegada de carbono por tonelada de papel ondulado produzida na indústria avaliada é de aproximadamente 786,35 kg de CO<sub>2</sub>. Essa métrica fornece uma referência quantitativa sobre o impacto ambiental do processo produtivo. A análise sugere que há potencial para melhorias nos processos industriais, visando à redução dessas emissões, embora a escassez de dados comparativos na literatura dificulte uma avaliação mais ampla e conclusiva. A discussão ressalta a importância de estratégias de gestão ambiental e o aprimoramento das metodologias de mensuração das emissões. Apesar das contribuições deste estudo, observa-se uma lacuna na literatura referente à quantificação da pegada de carbono na produção de papel ondulado, o que limita comparações e o desenvolvimento de benchmarks setoriais. Assim, o presente trabalho oferece informações relevantes que podem orientar ações de sustentabilidade e melhoria contínua nos setores industriais envolvidos. Contudo, é imprescindível que futuras pesquisas sejam conduzidas para ampliar a base de dados, possibilitando avaliações comparativas e o aprimoramento das práticas de sustentabilidade no âmbito industrial.

Palavras-chave: Emissões de GEE (Gases de Efeito Estufa); Indústria de papelão; Estratégias de sustentabilidade; Análise de ciclo de vida; Quantificação de emissões.

### 1. INTRODUÇÃO

A elevação da temperatura até o momento já provocou alterações significativas nos sistemas humano e natural, como aumento de secas, eventos climáticos extremos, inundações, elevação do nível do mar e perda de biodiversidade. O aumento contínuo das emissões de Gases de Efeito Estufa (GEE) nas últimas décadas motivou diversas iniciativas governamentais, como a Conferência das Partes (COP) 3, que resultou no Protocolo de Quioto, a COP 21, responsável

pelo Acordo de Paris, e, mais recentemente, a COP 26 em Glasgow. No entanto, até o momento, nenhuma dessas políticas obteve resultados satisfatórios na redução das emissões de GEE (Cachola, 2022).

Diante desse cenário, grandes empresas têm buscado premissas de desenvolvimento sustentável para impulsionar o crescimento econômico sem comprometer os recursos naturais (Carvalho, 2022). Uma estratégia adotada é o desenvolvimento de ferramentas para a quantificação das emissões de GEE, sendo a "pegada de carbono" um indicador comum nas estratégias corporativas. Essa ferramenta avalia as emissões de GEE ao longo do ciclo de vida de um produto, desde a extração da matéria-prima até o descarte (Costa, 2021). A Pegada de Carbono é definida como o total de emissões de GEE, diretas e indiretas, causadas por indivíduos, famílias, eventos ou produtos, desempenhando um papel crucial no fomento ao consumo consciente (Cachola, 2022). Incluí-la nas estratégias industriais tornou-se uma prática comum, dimensionando as emissões de GEE em todo o ciclo produtivo, desde a extração da matéria-prima até o transporte e descarte de um produto (Carvalho, 2022).

No geral, a análise da Pegada de Carbono dos produtos baseia-se na Análise de Ciclo de Vida (ACV), com foco na avaliação do impacto pelo potencial de aquecimento global. As ACVs tradicionalmente utilizam métodos com relações lineares para abordar os impactos dentro do escopo do estudo, sendo classificadas como de processo, insumo-produto e híbrida. A ACV de processo fundamenta-se em informações detalhadas em nível de processo, refletindo como processos unitários de um sistema de produto estão interconectados por meio de fluxos de materiais. Já a ACV por modelo insumo-produto (MIP) registra os fluxos intersetoriais das atividades produtivas de uma economia. A ACV híbrida é uma combinação dos dois métodos mencionados anteriormente (Cachola, 2022).

Outro fator importante a ser considerado, é o CO<sub>2</sub> equivalente que corresponde a uma medida utilizada para expressar a quantidade de GEE em termos de quantidade de CO<sub>2</sub> que teria o mesmo potencial de aquecimento global sobre um determinado período de tempo de geralmente 100 anos, ou seja, os demais GEEs são convertidos em CO<sub>2</sub> para ser mais fácil analisar os impactos dessas emissões para o aquecimento global (Gold Energy, 2024).

Nesse sentido, na combustão do diesel, do eucalipto e do GLP, são liberados outros gases além do CO<sub>2</sub> que possuem diferentes equivalências. A Tabela 1 traz algumas informações que auxiliam na obtenção desses valores.

Tabela 1 - Fatores de Emissão por Tipo de Combustível

| Tipo de Combustível     | Fonte                      | Unidade do consumo de combustível | NOX                       | MP                          | SOX                       | HC                         |
|-------------------------|----------------------------|-----------------------------------|---------------------------|-----------------------------|---------------------------|----------------------------|
| Óleo Combustível Tipo A | Caldeira > 50 t/h de vapor | m <sup>3</sup>                    | 8,0 kg/m <sup>3</sup>     | 1,45 kg/m <sup>3</sup>      | 19,19 kg/m <sup>3</sup>   | 0,13 kg/m <sup>3</sup>     |
|                         |                            | t                                 | 7,84 kg/t                 | 1,46 kg/t                   | 18,18 kg/t                | 0,127 kg/t                 |
|                         | Caldeira < 50 t/h de vapor | m <sup>3</sup>                    | 6,60 kg/m <sup>3</sup>    | 1,45 kg/m <sup>3</sup>      | 19,19 kg/m <sup>3</sup>   | 0,15 kg/m <sup>3</sup>     |
|                         |                            | t                                 | 6,47 kg/t                 | 1,46 kg/t                   | 18,18 kg/t                | 0,147 kg/t                 |
| Óleo Combustível Tipo B | Caldeira < 50 t/h de vapor | m <sup>3</sup>                    | 2,4 kg/m <sup>3</sup>     | 0,84 kg/m <sup>3</sup>      | 18,19 kg/m <sup>3</sup>   | 0,03 kg/m <sup>3</sup>     |
|                         |                            | t                                 | 2,45 kg/t                 | 0,857 kg/t                  | 18,56 kg/t                | 0,031 kg/t                 |
| Óleo Diesel             | Caldeira < 50 t/h de vapor | m <sup>3</sup>                    | 2,4 kg/m <sup>3</sup>     | 0,24 kg/m <sup>3</sup>      | 17,19 kg/m <sup>3</sup>   | 0,03 kg/m <sup>3</sup>     |
|                         |                            | t                                 | 2,82 kg/t                 | 0,282 kg/t                  | 20,22 kg/t                | 0,035 kg/t                 |
| Bagaco de cana          | Caldeira de qualquer porte | t                                 | 0,6 kg/t                  | 7,80 kg/t                   | -                         | -                          |
| Lenha                   | Caldeira de qualquer porte | t                                 | 0,75 kg/t                 | 4,40 kg/t                   | 0,037 kg/t                | 0,11 kg/t                  |
|                         |                            | m <sup>3</sup>                    | 0,428 kg/m <sup>3</sup>   | 2,51 kg/m <sup>3</sup>      | 0,021 kg/m <sup>3</sup>   | 0,063 kg/m <sup>3</sup>    |
| Cavaco                  | Caldeira de qualquer porte | t                                 | 0,75 kg/t                 | 23,50 kg/t                  | 0,037 kg/t                | 0,11 kg/t                  |
|                         |                            | m <sup>3</sup>                    | 0,428 kg/m <sup>3</sup>   | 13,40 kg/m <sup>3</sup>     | 0,021 kg/m <sup>3</sup>   | 0,063 kg/m <sup>3</sup>    |
| Lenha e Cavaco          | Caldeira de qualquer porte | t                                 | 0,75 kg/t                 | 3,60 kg/t                   | 0,037 kg/t                | 0,11 kg/t                  |
|                         |                            | m <sup>3</sup>                    | 0,428 kg/m <sup>3</sup>   | 2,05 kg/m <sup>3</sup>      | 0,021 kg/m <sup>3</sup>   | 0,063 kg/m <sup>3</sup>    |
| Gás Natural             | Caldeira > 50 t/h de vapor | m <sup>3</sup>                    | 8800 kg/106m <sup>3</sup> | 48,00 kg/106m <sup>3</sup>  | 9,60 kg/106m <sup>3</sup> | 28,00 kg/106m <sup>3</sup> |
|                         | Caldeira < 50 t/h de vapor | m <sup>3</sup>                    | 2240 kg/106m <sup>3</sup> | 219,00 kg/106m <sup>3</sup> | 9,60 kg/106m <sup>3</sup> | 92,00 kg/106m <sup>3</sup> |
| GLP                     | Caldeira de qualquer porte | m <sup>3</sup>                    | 2,50 kg/m <sup>3</sup>    | 0,07 kg/m <sup>3</sup>      | 0,0125 kg/m <sup>3</sup>  | 0,06 kg/m <sup>3</sup>     |

Fonte: Cetesb (2015).

O papel ondulado tem sido incorporado nas estratégias de negócio de empresas, especialmente em setores como compras online e serviços de delivery. Sua composição envolve elementos planos e ondulados, com capas e miolos obtidos a partir de fibras de celulose, seja de matéria-prima renovável (fibras virgens) ou papel reciclado. A classificação do papel ondulado varia conforme o número de capas e miolos utilizados em sua estrutura. Por exemplo: face simples é a estrutura formada por um elemento ondulado (miolo) colado a um elemento plano (capa), parede simples é a estrutura formada por um elemento ondulado colado, em ambos os lados, a elementos planos, parede dupla é a estrutura formada por três elementos planos coladas a dois elementos ondulados e intercalados, parede tripla é a estrutura formada por quatro elementos planos colados em três elementos ondulados e intercalados e a parede

múltipla é a estrutura formada por cinco ou mais elementos planos colados a quatro ou mais elementos ondulados e intercalados (EMPAPEL, 2023).

A fabricação do papel ondulado ocorre em ondulateiras, onde cada onda é formada de acordo com o perfil do cilindro ondulador. As chapas resultantes são processadas em máquinas de corte-vinco, que permitem a impressão, podendo ser planas ou rotativas. Além disso, outras operações, como colagem, grampeamento e vincagem, podem ser realizadas por máquinas de conversão (EMPAPEL, 2023).

Apesar de sua utilidade, a produção de papel ondulado impacta o meio ambiente, demandando considerável quantidade de água e energia elétrica. Estima-se que a produção de uma tonelada desse material demande de 44 mil a 100 mil litros de água, além de 5 a 7,6 quilowatts de energia elétrica, gerando 18 kg de poluentes e 88 kg de resíduos sólidos descartados (Kappa, 2021).

Neste contexto, propõe-se, assim, neste trabalho quantificar a pegada de carbono de uma indústria de papelão, permitindo um planejamento estratégico para sua redução ao longo do tempo. O objetivo, portanto, é criar uma fórmula capaz de quantificar a pegada de carbono de uma indústria de papelão gerada na produção de papel ondulado, identificando os pontos de melhoria para a redução da pegada de carbono. Desse modo, é possível reduzir a pegada de carbono de uma indústria de papelão para obter uma vantagem competitiva no mercado e aprimorar a eficiência das diversas fases do processo, visando a longo prazo a redução das emissões, alinhada à redução de custos da empresa.

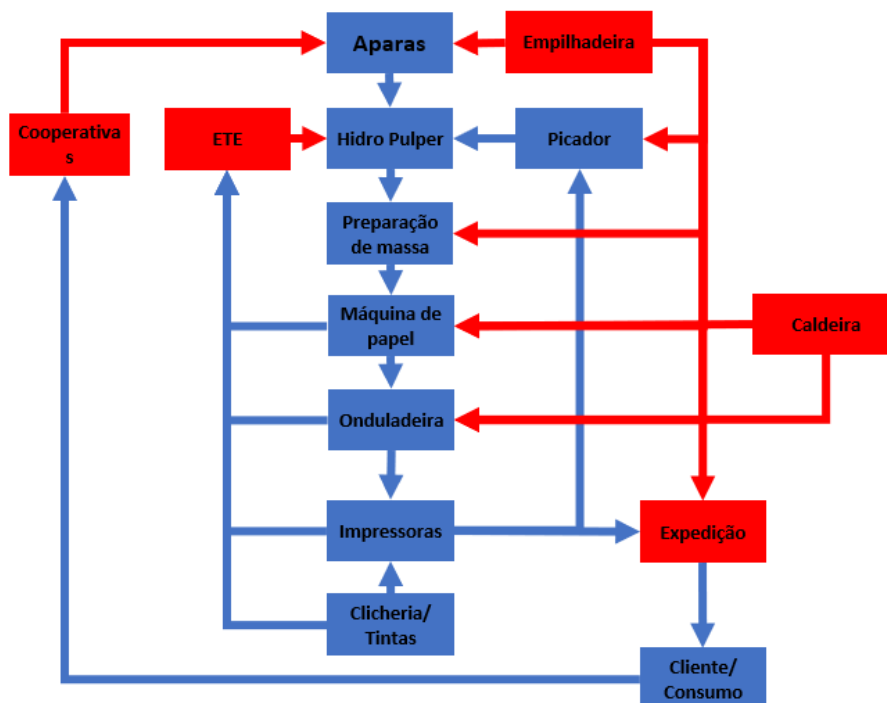
## 2. METODOLOGIA

Foi realizado um estudo com abordagem quantitativa, descritiva, transversal e observacional.

O estudo foi composto por setores de uma indústria de papel responsáveis por sua produção segundo a figura 1, onde os setores coloridos em azul representam os setores não emissores de CO<sub>2</sub> e os coloridos em vermelho, os setores emissores e que serão utilizados neste estudo. Sendo eles ETE (Estação de Tratamento de Esgoto), caldeira, aparas, picador, hidrapulper, preparação de massa, máquina de papel, ondulateira, impressoras, expedição e clichéria/sala de tintas. Os setores identificados como emissores de CO<sub>2</sub> na empresa de estudo são a ETE, a caldeira e a expedição. Na ETE são realizados os processos de tratamento de esgoto gerado pelas áreas produtivas. Nesse tratamento, é liberado diversos gases onde os inflamados são incinerados, gerando conseqüentemente o CO<sub>2</sub>. Já a caldeira, é responsável pela queima da lenha de eucalipto, gerando CO<sub>2</sub> e calor que é utilizado para aquecer a água e a transformando

em vapor que servirá para o processo produtivo, em especial a onduladeira. Por fim, a expedição é composta pelos processos de transporte do produto final interno e externo (todo território nacional). Tal processo utiliza a queima do diesel e do GLP para seu funcionamento.

Figura 1 - Fluxograma representando os setores responsáveis pela produção do papel ondulado.



Fonte: dos autores (2024).

Os critérios de inclusão foram os setores responsáveis pela fabricação do papel ondulado e as emissões de CO<sub>2</sub> presentes nesses setores. Já os critérios de exclusão foram os demais gases emitidos por esses setores e seus prejuízos ambientais.

Foi realizado o cálculo da pegada de carbono em cada setor emissor de CO<sub>2</sub> e CO<sub>2</sub> equivalente, responsável pela fabricação do papel ondulado no período de outubro de 2023. Primeiramente pega-se a emissão de CO<sub>2</sub> encontrada na ETE, o consumo de Gás Liquefeito do Petróleo (GLP) e a emissão de CO<sub>2</sub> por quilograma de GLP e por fim o consumo de madeira e a emissão de CO<sub>2</sub> por quilograma consumido.

O cálculo, portanto, seria a emissão de GEE gerado pela ETE somado com os GEE obtidos pela combustão de GLP, madeira e diesel, dividido pelo quilograma total produzido de papel ondulado durante o mesmo período (equação 1).

$$PC \text{ (Papel Ondulado)} = (GEE \text{ (ETE)} + GEE \text{ (combustão GLPI)} + GEE \text{ (madeiral)} + GEE \text{ (diesel)}) * P^{-1} \quad (\text{Eq. 1})$$

em que:

PC = Pegada de Carbono no processo de produção de papel ondulado;

GEE (ETE) = Soma dos gases de efeito estufa liberados na ETE em Kg;

GEE (combustão GLP) = Gases de efeito estufa liberados pela combustão de GLP em Kg;

GEE (madeiral) = Gases de efeito estufa liberados na combustão de madeira em Kg;

GEE (diesel) = Gases de efeito estufa liberados na combustão do diesel em Kg;

P = Toneladas de papel ondulado produzidos.

Os dados foram obtidos através de planilhas de controle de insumos de cada setor de estudo, no qual cada setor possui sua planilha. No caso do setor expedição, os dados foram obtidos através de um sistema próprio de expedição da empresa.

A planilha estudada no setor de caldeiraria e empilhadeira, é composta pela entrada de notas fiscais, constando o volume de GLP comprados, menos a quantidade de GLP e lenha em estoque final, que resultará no consumo de GLP e lenha no período de estudo. Com esses dados foi feito um cálculo tanto da emissão de CO<sub>2</sub> quanto da emissão de CO<sub>2</sub> equivalente por quilograma de GLP ou lenha. Já a planilha da ETE, é composta pelo volume de gás emitido, medido através de um sensor. Com esses dados foi feito um cálculo para converter normal metro cúbico para quilogramas de CO<sub>2</sub> e normal metro cúbico de NO<sub>x</sub> para Kg de CO<sub>2</sub> equivalente emitido.

Quanto ao sistema utilizado pelo setor expedição, foram retiradas as cidades em que foram entregues o produto, após foi calculado através do aplicativos Google Maps® a distância entre a cidade de produção e a cidade de entrega, com essa distância, multiplicou-se pelo consumo médio de diesel necessário para mover um caminhão (Equação 2), sendo ele em torno de 2,5 a 3,5 quilômetros/litro (As Máquinas Pesadas, 2022), obtendo o consumo total de diesel naquele período. Com esse consumo, multiplicou-se pela quantidade de GLP emitidos pela queima do diesel, obtendo todos os gases de efeito estufa emitidos pela expedição.

$$GEE \text{ (diesel)} = \Delta S * E * C-1 \quad (\text{Eq. 2})$$

em que:

$\Delta S$  = Distância entre a fábrica e a cidade de destino

E = Emissão de CO<sub>2</sub> por litro de diesel consumido

C = Consumo médio de diesel por quilômetro

Outro fator importante a ser considerado, são os gases equivalentes ao CO<sub>2</sub> emitido durante a combustão do diesel. Tais gases têm o mesmo potencial ou ainda maior quanto ao efeito estufa. Cada gás possui uma equivalência à emissão de CO<sub>2</sub> que de acordo com o Instituto

de Energia e Meio Ambiente (IEMA, 2022) a cada 1 Kg de NO<sub>x</sub> emitido, equivale a 265 kg de CO<sub>2</sub>. Dessa forma, para obter os GEE (equivalente diesel), considera-se a seguinte equação:

$$\text{GEE (equivalente diesel)} = \Delta S * E(\text{NO}_x) * 265 * C-1 \quad (\text{Eq. 3})$$

em que:

$\Delta S$  = Distância entre a fábrica e a cidade de destino

$E(\text{NO}_x)$  = Emissão de óxido nitroso ou dióxido nitroso (NO<sub>x</sub>) por litro de diesel consumido

$C$  = Consumo médio de diesel por quilômetro

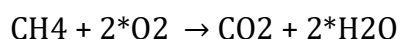
De acordo com os processos para a obtenção dos dados, foram definidas as seguintes variáveis, entrada de notas fiscais, consumo de GLP e lenha, emissão de CO<sub>2</sub> por quilograma de GLP e lenha, volume de gás emitido pela ETE, o consumo total de diesel naquele período e todos os gases de efeito estufa emitidos pela expedição.

Todos os dados coletados na pesquisa ficarão sob responsabilidade dos pesquisadores com garantia de uso somente para a escrita do trabalho e garantindo total anonimato da fonte de pesquisa. Tais dados, serão armazenados por um período de cinco anos após a finalização da pesquisa e ao final desses cinco anos serão descartados e deletados.

### 3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Através do controle de emissão de gases da ETE registrados pela empresa estudada, foi possível obter os seguintes dados: emissão de 37.487,43 m<sup>3</sup> de CO<sub>2</sub> e a emissão de 16.548,02 m<sup>3</sup> de gás metano (CH<sub>4</sub>) que posteriormente foi convertido em CO<sub>2</sub> através da combustão. A somatória dos gases emitidos será utilizada como o valor correspondente ao GEE (ETE) presente na equação 1.

A combustão do gás metano é representada pela equação abaixo:



Conforme a equação supracitada pode-se compreender a relação de 1 para 1, sendo a combustão de 1 m<sup>3</sup> de CH<sub>4</sub> resulta em 1 m<sup>3</sup> de CO<sub>2</sub>, chegando, conseqüentemente, ao valor de 16.548,02 m<sup>3</sup> de CO<sub>2</sub> liberado durante a combustão do CH<sub>4</sub>, valor igual a quantidade de CH<sub>4</sub> emitido pela ETE. Portanto, o GEE (ETE CO<sub>2</sub>) será a soma dos dois gases liberados conforme a equação abaixo:

$$\text{GEE (ETE CO}_2) = 37.487,43 + 16.548,02$$

$$\text{GEE (ETE CO}_2) = 54.035,45 \text{ m}^3 \text{ CO}_2$$

Deve-se ser calculado o valor GEE (ETE eq CO<sub>2</sub>) a partir do NO<sub>x</sub> medido no setor da ETE, entretanto, tal setor não mensura o valor de NO<sub>x</sub>, impossibilitando, assim, a realização de tal cálculo. Para efeito de estudo, será considerado GEE (ETE eq) igual a 0,0.

Portanto, o valor total das emissões de carbono na ETE é calculado conforme abaixo:

$$\text{GEE (ETE)} = \text{GEE (ETE CO}_2\text{)} + \text{GEE (ETE eq)}$$

$$\text{GEE (ETE)} = 54.035,45 + 0,0$$

$$\text{GEE (ETE)} = 54.035,45 \text{ m}^3 \text{ CO}_2$$

Para o cálculo da pegada de carbono os gases deverão estar em quilogramas (Kg), sabe-se que a densidade de CO<sub>2</sub> é igual a 1,52 Kg/m<sup>3</sup> (White Martins, 2001), dessa forma, ao multiplicar o volume de 54.035,45 pela densidade, obtém-se o valor de 82.241,95 Kg de CO<sub>2</sub> correspondente ao GEE (ETE).

$$\text{GEE (ETE)} = 82.241,95 \text{ Kg de CO}_2$$

Na caldeira, é realizado um controle de entradas de notas fiscais, acrescido do valor do estoque inicial, que é comparado ao valor do estoque final, obtendo-se, assim, o consumo de insumos através de tal diferença. Tais consumos são relatados a seguir: 13.280 Kg de GLP e 7.757 m<sup>3</sup> de eucalipto.

Para realização do cálculo GEE (GLP eq CO<sub>2</sub>), utiliza-se o mesmo valor de consumo de GLP da equação superior (13.280). Sabe-se que a densidade do GLP equivale a 0,49 Kg/litro (ULTRAGAZ, 2018). Para o valor do consumo (C), a fim de colocar na mesma escala de medidas, deve-se dividir o valor do consumo pela densidade do GLP, obtendo um valor de consumo de aproximadamente 27.102,04 litros ou 27,102 m<sup>3</sup> de GLP. Já para o valor de E (NO<sub>x</sub>), será utilizado 2,5 kg de NO<sub>x</sub>/m<sup>3</sup> de GLP apresentado na tabela 1. Portanto, calcula-se segundo equação:

$$\text{GEE (GLP eq CO}_2\text{)} = E (\text{NO}_x) * 265 * C$$

Substituindo os valores:

$$\text{GEE (GLP eq CO}_2\text{)} = 2,5 * 265 * 27,102$$

$$\text{GEE (GLP eq CO}_2\text{)} = 17.955,1 \text{ Kg de CO}_2$$

Já a queima do GLP, provoca a liberação de 1,7 Kg de CO<sub>2</sub>/L de GLP (MARTZ, 2008), dessa forma, para a obtenção do GEE (combustão GLP CO<sub>2</sub>), calcula-se:

$$\text{GEE (combustão GLP CO}_2\text{)} = 1,7 * 27.102,04$$

$$\text{GEE (combustão GLP CO}_2\text{)} = 46.073,47 \text{ Kg de CO}_2$$

Portanto, o valor total das emissões de carbono na combustão de GLP é calculado conforme abaixo:

$$\text{GEE (combustão GLP)} = \text{GEE (combustão GLP CO}_2\text{)} + \text{GEE (GLP eq CO}_2\text{)}$$

$$\text{GEE (combustão GLP)} = 46.073,47 + 17.995,1$$

$$\text{GEE (combustão GLP)} = 64.068,57 \text{ Kg de CO}_2$$

Sabe-se que 1 m<sup>3</sup> de eucalipto a 15% de umidade, equivale a 590 Kg de madeira (FOELKEL, 2016). Com isso, multiplica-se 590 por 7.757 m<sup>3</sup> de eucalipto, obtendo-se o valor de 4.576.630 Kg de eucalipto. Sua queima resulta na liberação de 0,531Kg de CO<sub>2</sub>/Kg de madeira, dessa forma, para a obtenção do GEE (madeira CO<sub>2</sub>), calcula-se:

$$\text{GEE (madeira CO}_2) = 0,531 * 4.469.250$$

$$\text{GEE (madeira CO}_2) = 2.373.171,75 \text{ Kg de CO}_2$$

Já para realização do cálculo GEE (Madeira eq CO<sub>2</sub>), utiliza-se o mesmo valor de consumo de madeira da equação superior (7.757 m<sup>3</sup>). Para o valor de E (NO<sub>x</sub>), será utilizado 0,428 kg de NO<sub>x</sub>/m<sup>3</sup> de eucalipto apresentado na tabela 1. Portanto, calcula-se segundo equação:

$$\text{GEE (Madeira eq CO}_2) = E (\text{NO}_x) * 265 * C$$

Substituindo os valores:

$$\text{GEE (Madeira eq CO}_2) = 0,428 * 265 * 7.757$$

$$\text{GEE (Madeira eq CO}_2) = 879.798,94 \text{ Kg de CO}_2$$

Portanto, o valor total das emissões de carbono na combustão de madeira é calculado conforme abaixo:

$$\text{GEE (madeira)} = \text{GEE (madeira CO}_2) + \text{GEE (Madeira eq CO}_2)$$

$$\text{GEE (madeira)} = 2.373.171,75 + 879.798,94$$

$$\text{GEE (madeira)} = 3.252.970,69 \text{ Kg de CO}_2$$

E por fim na expedição, foi gerado um relatório com todas as cidades destinatárias do produto final. Com essas cidades, foi calculada a distância entre a fábrica estudada e a cidade destinatária do produto através do aplicativo Google Maps® obtendo o valor de 424.557 Km rodados, segundo a Tabela 2.

Tabela 2 - Total de quilômetros percorridos por região

| Região       | Total de Km percorridos |
|--------------|-------------------------|
| Norte        | 21.257                  |
| Nordeste     | 2.081                   |
| Centro-Oeste | 85.467                  |
| Sudeste      | 256.274                 |
| Sul          | 59.478                  |
| <b>Total</b> | <b>424.557</b>          |

Fonte: dos autores (2024).

O consumo médio de um caminhão utilizado para a realização desses transportes intermunicipais é de 2,5 Km/L de diesel. Sabe-se que a combustão de 1 litro de diesel produz 3,2 Kg de CO<sub>2</sub>/litro de diesel (IPEA, 2011), dessa forma, para a obtenção do GEE (diesel CO<sub>2</sub>), calcula-se segundo a equação 2:

$$\text{GEE(diesel CO}_2\text{)} = \Delta S * E * C - 1$$

Substituindo os valores:

$$\text{GEE (diesel CO}_2\text{)} = 424.557 * 3,2 * 2,5 - 1$$

$$\text{GEE (diesel CO}_2\text{)} = 543.432,96 \text{ Kg de CO}_2$$

Já para realização do cálculo GEE (diesel eq CO<sub>2</sub>), utiliza-se os mesmos valores de  $\Delta S$  (424.557) e C (2,5) da equação superior. Sabe-se que a densidade do diesel equivale a 0,845 Kg/litro (PETROBRAS, 2019). Para o valor do consumo do diesel (C), a fim de colocar na mesma escala de medidas, deve-se dividir o valor do consumo pela densidade do diesel, obtendo um valor de consumo de aproximadamente 2,96 Km/Kg. Já para o valor de E(NO<sub>x</sub>), será utilizado 2,82 kg de NO<sub>x</sub>/t de diesel apresentado na tabela 1. Portanto, calcula-se segundo a equação 3:

$$\text{GEE (diesel eq CO}_2\text{)} = \Delta S * E (\text{NO}_x) * 265 * C - 1$$

Substituindo os valores:

$$\text{GEE (diesel eq CO}_2\text{)} = 424.557 * 2,82 * 265 * (2,96 * 1.000) - 1$$

$$\text{GEE (diesel eq CO}_2\text{)} = 107.186,3 \text{ Kg de CO}_2$$

Portanto, o valor total das emissões de carbono na combustão do diesel é calculado conforme abaixo:

$$\text{GEE (diesel)} = \text{GEE (diesel CO}_2\text{)} + \text{GEE (diesel eq CO}_2\text{)}$$

$$\text{GEE (diesel)} = 543.432,96 + 107.186,3$$

$$\text{GEE (diesel)} = 650.619,26 \text{ Kg de CO}_2$$

Durante o período de outubro de 2023, a empresa estudada produziu 5.150,23614 toneladas de papel ondulado. Aplicando na equação 1 os dados obtidos anteriormente, conclui-se:

$$\text{PC (Papel Ondulado)} = (\text{GEE (ETE)} + \text{GEE (combustão GLPI)} + \text{GEE (madeiral)} + \text{GEE (diesel)}) * P - 1$$

Substituindo os valores:

$$\text{PC (Papel Ondulado)} = (82.241,95 + 64.068,57 + 3.252.970,69 + 650.619,26) * 5.150,23614 - 1$$

$$\text{PC (Papel Ondulado)} = 4.049.900,47 * 5.150,23614 - 1$$

$$\text{PC (Papel Ondulado)} = 786,35 \text{ Kg de CO}_2/\text{Tonelada de papel ondulado}$$

Portanto, conclui-se através dos cálculos apresentados que a pegada de carbono é de 786,35 Kg de CO<sub>2</sub> para cada tonelada de papel ondulado produzido.

Ao falar de pegada de carbono, um de seus importantes componentes é o GEE, que são elementos presentes na atmosfera, podendo ter origem tanto natural quanto antropogênica. Entre os principais GEE estão o dióxido de carbono (CO<sub>2</sub>), metano (CH<sub>4</sub>), óxido nitroso (N<sub>2</sub>O), hidrofluorcarbonos (HFCs), perfluorcarbonos (PFCs) e hexafluoreto de enxofre (SF<sub>6</sub>). Ao quantificar o CO<sub>2</sub> e o CH<sub>4</sub> na produção de papel ondulado, um estudo realizado pela empresa Irani Papel e Embalagem S.A, trouxe como sendo sua emissão de CO<sub>2</sub> e CH<sub>4</sub> em todas as unidades da empresa o valor de 39.589,00 m<sup>3</sup> de CO<sub>2</sub> e de 9.345,73 m<sup>3</sup> de gás metano (CH<sub>4</sub>). Devido a relação de um para um o GEE (ETE) da referida empresa teve um valor de 48.934,73 m<sup>3</sup> CO<sub>2</sub> (Irani, 2022), sendo um valor inferior aos achados desta pesquisa. O valor elevado do presente estudo pode ser justificado pelo aumento consumo de água, desperdício de água e respectivas contaminações (Irani, 2022).

A realização da queima do CH<sub>4</sub> ocorre como uma forma de reduzir o impacto gerado na atmosfera, visto que a permanência do metano na atmosfera é consideravelmente menor que a do dióxido de carbono, porém o CH<sub>4</sub> é mais eficaz na absorção de radiação do que o CO<sub>2</sub>. O impacto do metano é aproximadamente 25 vezes maior do que o efeito do dióxido de carbono, quando analisado ao longo dos últimos 100 anos (Richter, Lara, Andreazza, 2021).

Outro ponto importante, é considerar a pegada de carbono quando se trata do uso de GLP em empilhadeiras. Uma pesquisa realizada observou tal consumo em uma empresa que não foi informada no estudo, determinando que o consumo de GLP equivalente é de 15.000 Kg de CO<sub>2</sub> (Copetti, Canha, 2023), valor superior ao encontrado na atual pesquisa. Tal resultado pode ser explicado pela não adesão de modelos de empilhadeiras elétricas que conforme o referido estudo, propiciam tanto uma economia financeira quanto ambientalmente (Copetti, Canha, 2023).

Complementarmente, a lenha é amplamente empregada em aplicações industriais apresentando vantagens significativas, como programas de reflorestamento bem planejados e a contínua reposição das reservas florestais. Do ponto de vista industrial, a madeira usada para fins energéticos é competitiva em comparação com outras fontes de energia, devido à sua natureza renovável e à capacidade das florestas de capturar dióxido de carbono (Silva et al., 2023).

Adicionalmente, a pegada de carbono também é um fator importante em relação a eficiência do consumo de combustível (Buslaev et al., 2021). Um estudo realizado pela empresa Irani Papel e Embalagem S.A, trouxe como sendo sua emissão de diesel utilizada nos

transportes através de uma empresa terceirizada, o valor de 4.714.000 Kg de CO<sub>2</sub> (Irani, 2022), sendo um valor superior aos achados desta pesquisa. Tal resultado pode ser justificado pelo transporte através do uso de caminhões consumindo grandes quantidades de diesel e, conseqüentemente, emissões significativas de GEE. Outro fator, seria que em algumas instalações, o diesel pode ser usado como combustível de backup para geradores de energia em caso de falha no fornecimento de eletricidade da rede (Buslaev et al., 2021).

#### 4. CONCLUSÃO

Através de todos os dados e cálculos apresentados, conclui-se que a pegada de carbono é de 786,35 Kg de CO<sub>2</sub> para cada tonelada de papel ondulado produzido. Tal valor pode ser influenciado pela origem da fibra, se é reciclada ou se a fibra é virgem, se a fonte de energia da fábrica é renovável ou fóssil, a eficiência energética das máquinas e processos, a distância de transporte de insumos e o tratamento de resíduos.

Para melhorar esses índices pode-se aumentar o uso de energia renovável (hidrogênio verde, solar, eólica, biomassa), priorizar matérias-primas recicladas, otimizar processos industriais para reduzir consumo de energia e reduzir as distâncias de transporte com fornecedores locais.

Apesar dos dados apresentados, nota-se uma lacuna sobre a temática na literatura, dificultando a obtenção de dados para comparações. Outro aspecto evidenciado foi que a maioria dos estudos encontrados não analisaram a mesma quantidade de fatores que interferem na pegada de carbono igual foi analisado por esse, dificultando, também, os dados para discussão.

O presente estudo, portanto, traz medidas importantes, que podem enriquecer o desempenho dos profissionais em seus respectivos setores. Entretanto, mais pesquisas devem ser feitas na área a fim de comparação dos dados, bem como a sustentabilidade industrial.

#### 5. EPÍLOGO

O presente Trabalho de Conclusão de Curso tem como objetivo estimar a pegada de carbono associada ao processo de produção de papel ondulado, utilizando dados primários e secundários com foco no escopo gate-to-gate. No entanto, devido às limitações de tempo, acesso a dados completos e metodologias específicas, algumas considerações merecem ser mencionadas como complementações futuras ao estudo.

Primeiramente, embora o cálculo das emissões provenientes da combustão do metano (CH<sub>4</sub>) tenha seguido a estequiometria da reação completa ( $\text{CH}_4 + 2 \text{O}_2 \rightarrow \text{CO}_2 + 2 \text{H}_2\text{O}$ ),

reconhece-se que o metano possui um Potencial de Aquecimento Global (PAG) cerca de 25 vezes superior ao do dióxido de carbono, o que torna relevante a consideração das emissões não queimadas de CH<sub>4</sub> no inventário, bem como a eventual formação de óxidos de nitrogênio (NO<sub>x</sub>) em altas temperaturas.

Outro ponto importante diz respeito à não inclusão de gases de efeito estufa como o óxido nitroso (N<sub>2</sub>O), especialmente presente em Estações de Tratamento de Efluentes (ETEs) e processos térmicos industriais. Ainda que a ausência de dados diretos tenha sido justificada, reconhece-se que a suposição de emissão nula (GEEeq = 0) pode subestimar o impacto climático, dado o alto PAG do N<sub>2</sub>O. Para versões futuras do trabalho, sugere-se consultar valores médios disponíveis na literatura técnica.

Com relação à queima de lenha de eucalipto, as emissões foram contabilizadas como CO<sub>2</sub> total. Contudo, vale destacar que, segundo metodologias amplamente reconhecidas, como a do IPCC, ISO 14064 e o GHG Protocol, emissões provenientes de biomassa renovável são classificadas como biogênicas e, portanto, consideradas neutras em carbono. A distinção entre emissões fósseis e biogênicas poderia tornar o inventário mais aderente às melhores práticas internacionais.

Outro aspecto não explorado foi o impacto associado ao consumo de energia elétrica. Embora o trabalho mencione um consumo médio de 5 a 7,6 kWh por tonelada de papel ondulado, as emissões relacionadas ao uso de eletricidade não foram calculadas. Para maior precisão, sugere-se o uso dos fatores de emissão do grid elétrico nacional brasileiro, divulgados anualmente pelo MCTI.

Além disso, o estudo mencionou a geração de resíduos sólidos e efluentes líquidos, mas sem calcular as emissões associadas ao seu descarte, como por exemplo, a geração de CH<sub>4</sub> em aterros sanitários. A inclusão desse fator poderia ampliar a compreensão do impacto ambiental do processo.

Apesar de o trabalho mencionar uma abordagem de Análise de Ciclo de Vida (ACV), na prática, o escopo adotado foi gate-to-gate. Dessa forma, etapas como o transporte de matérias-primas, a destinação final dos produtos e resíduos, bem como a reciclagem, não foram contempladas. Ademais, o transporte de insumos e o retorno vazio dos caminhões são fontes relevantes de emissões que podem duplicar os valores inicialmente estimados para a logística.

Portanto, este prólogo tem a finalidade de reconhecer as limitações da versão atual do trabalho e indicar caminhos relevantes para aprofundamentos futuros, tanto por este autor quanto por outros estudantes e pesquisadores interessados em ampliar a análise de emissões no setor papelero nacional.

## REFERÊNCIAS

- AS MÁQUINAS PESADAS. **Saiba quantos km por litro faz um caminhão**. 2022. Disponível em: <https://www.asmaquinaspesadas.com/2022/09/quanto-km-por-litro-faz-um-caminha.html>. Acesso em: 10 dez. 2023.
- CACHOLA, C. S.; PACCA, S. A. **A pegada de carbono das famílias brasileiras por meio da pesquisa de orçamentos familiares (POF)**. São Paulo: Universidade de São Paulo, 2022.
- CARVALHO, C. N.; DANTAS, T. N. C. **Otimização da produção de ferramenta de perfilagem de poços de petróleo para redução da pegada de carbono**. Natal: Universidade Federal do Rio Grande do Norte, 2022.
- CETESB - COMPANHIA AMBIENTAL DO ESTADO DE SÃO PAULO. **Plano de redução de emissões de fontes estacionárias: guia de melhor tecnologia prática disponível - fontes de combustão**. São Paulo: CETESB, 2015. Disponível em: <https://cetesb.sp.gov.br/ar/wp-content/uploads/sites/28/2015/12/Guia-MTPD-Fontes-de-Combust%C3%A3o.pdf>. Acesso em: 29 jul. 2024.
- COPETTI, D. F.; CANHA, L. N. **Metodologia para análise da viabilidade técnica e econômica da troca de empilhadeiras à combustão por modelos elétricos**. Santa Maria: UFSM, 2023. Disponível em: [https://repositorio.ufsm.br/bitstream/handle/1/31388/DIS\\_PPGEE\\_2023\\_COPETTI\\_DO\\_UGLAS.pdf](https://repositorio.ufsm.br/bitstream/handle/1/31388/DIS_PPGEE_2023_COPETTI_DO_UGLAS.pdf). Acesso em: 29 jul. 2024.
- COSTA, H. M. S.; LOPES, M. E. M. **Estudo da pegada de carbono das indústrias do couro e desenvolvimento de uma ferramenta de cálculo**. Lisboa: Universidade Nova, 2021.
- EMPAPEL - ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE EMBALAGENS EM PAPEL PAPELÃO ONDULADO. **Papelão ondulado**. 2023. Disponível em: <https://empapel.org.br/papel/papelao-ondulado/>. Acesso em: 20 nov. 2023.
- FOELKEL, C. **Pergunte ao Euca Expert**. 2016. Disponível em: [https://www.eucalyptus.com.br/eucaexpert/Pergunta\\_1638.pdf](https://www.eucalyptus.com.br/eucaexpert/Pergunta_1638.pdf). Acesso em: 29 jul. 2024.
- GOLD ENERGY. **Dióxido de carbono equivalente (CO<sub>2</sub>e)**. 2024. Disponível em: <https://goldenergy.pt/glossario/dioxido-carbono-equivalente-co2e/>. Acesso em: 29 jul. 2024.
- GOOGLE INC. **Google Maps**. 2023. Disponível em: <https://developers.google.com/maps/documentation/directions>. Acesso em: nov. 2023.
- GUNTHER, H. Pesquisa qualitativa versus pesquisa quantitativa: esta é a questão! **Psicologia: Teoria e Pesquisa**, v. 22, n. 2, p. 201-210, 2006.
- IEMA - INSTITUTO DE ENERGIA E MEIO AMBIENTE. **Qual a diferença entre gases de efeito estufa e poluentes atmosféricos?** 2022. Disponível em: <https://energiaeambiente.org.br/qual-a-diferenca-entre-gases-de-efeito-estufa-e-poluente-atmosfericos-20220511>. Acesso em: 29 jul. 2024.

IPEA - INSTITUTO DE PESQUISA ECONÔMICA APLICADA. **Emissões relativas de poluentes do transporte motorizado de passageiros nos grandes centros urbanos brasileiros.** Brasília: IPEA, 2011.

IRANI PAPEL E EMBALAGENS. **Inventário corporativo de gases de efeito estufa.** 2022. Disponível em: <https://irani.com.br/wp-content/uploads/2023/05/Inventario-GEE-2022.pdf>. Acesso em: 29 jul. 2024.

KAPPA SMURFIT. **Como reciclar papelão: todo o passo a passo do processo.** 2021. Disponível em: <https://www.smurfitkappa.com/br/newsroom/blog/como-reciclar-papelao>. Acesso em: 20 nov. 2023.

KAPPA SMURFIT. **O que fazer com papelão? O que aconteceria se ele acabasse?** 2021. Disponível em: <https://www.smurfitkappa.com/br/newsroom/blog/o-que-fazer-com-papelao>. Acesso em: 20 nov. 2023.

MARTZ, C. **Quais são as emissões CO2 seguintes o combustível que você usa para gasolina, diesel (óleo) ou GPL?** 2008. Disponível em: <https://www.ecologia.cc/Emiss%C3%B5es-co2-litros-de-combust%C3%ADvel-de-gasolina-ou-diesel-gpl/>. Acesso em: 29 jul. 2024.

PETROBRAS. **Ficha de informação de segurança de produtos químicos - óleo diesel padrão - fase VII.** 2019. Disponível em: <https://brseguro.br-petrobras.com.br/wcm/connect/7cf61dea-32a1-45b4-ad3c-401b069d4999/fispq-comb-oleodiesel-auto-oleodiesel-fase-vii.pdf>. Acesso em: 29 jul. 2024.

RAIMUNDO, J. Z.; ECHEIMBERG, J. O.; LEONE, C. Tópicos de metodologia de pesquisa: estudos de corte transversal. **Journal of Human Growth and Development**, v. 28, n. 3, p. 356-360, 2018. DOI: <http://dx.doi.org/10.7322/jhgd.152198>. Acesso em: 22 fev. 2024.

RICHTER, M. F.; LARA, D. M.; ANDREAZZA, R. C. L. Educação ambiental e gases do efeito estufa (GEE): uma abordagem do papel do metano para educação básica. **Revista Educação Ambiental**, v. 16, n. 5, p. 431-445, 2021.

SILVA, B. P. et al. Recuperação de energia como alternativa sustentável. **Boletim de Conjuntura**, v. 14, n. 41, p. 445-474, 2023. DOI: <https://doi.org/10.5281/zenodo.7953719>. Acesso em: 29 jun. 2024.

ULTRAGAZ. **Ficha de informação de segurança de produtos químicos - GLP.** 2018. Disponível em: [https://www.ultragaz.com.br/wp-content/uploads/2021/12/FISPQ\\_GLP\\_REV05.pdf](https://www.ultragaz.com.br/wp-content/uploads/2021/12/FISPQ_GLP_REV05.pdf). Acesso em: 29 jul. 2024.

WHITE MARTINS. **Ficha de informações de segurança de produtos químicos - dióxido de carbono.** 2001. Disponível em: <https://cloud.cnpqg.embrapa.br/wp-content/igu/fispq/laboratorios/Dioxido%20de%20carbono.pdf>. Acesso em: 29 jul. 2024.

# CAPÍTULO X

## ÍNDICES DE PAISAGEM DA BACIA DO RIO CLARO – MG

DOI: 10.51859/ampla.aca007.1125-10

Joyce Silvestre de Sousa <sup>1</sup>

<sup>1</sup> Docente do Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Triângulo Mineiro (IFTM) - Campus Uberaba, e-mail: joyce@iftm.edu.br

### RESUMO

A perda e a fragmentação dos habitats naturais constituem hoje uma das maiores ameaças à biodiversidade. Nesse contexto, este estudo tem por objetivo analisar os índices de ecologia da paisagem da bacia do Rio Claro – MG, avaliando os graus de fragmentação, isolamento e heterogeneidade espacial da paisagem. Para a quantificação dos índices, utilizou-se imagens de satélite *RapidEye* com resolução espacial de 5 m, do ano de 2015; do *software* *ARC GIS* 10.3 <sup>TM</sup>, *software* *eCognition Developer* 9.0<sup>TM</sup> e *software* *FRAGSTATS* 4.1 (MCGARIGAL e MARKS, 1995). A vegetação natural está distribuída em 499 fragmentos que ocupam uma área (CA) de 7500,33 ha. Esta classe ocupa um total de 6,2% da área da bacia do Rio Claro - MG. A análise dos índices de paisagem possibilitou avaliar o grau de fragmentação da vegetação natural da bacia do Rio Claro-MG, sendo que a maioria dos fragmentos (59%) está na classe muito pequenos, enquanto não existem fragmentos da classe muito grandes na bacia do Rio Claro-MG. A classe de fragmentos grandes corresponde a apenas 0,82% da paisagem, correspondendo a um único fragmento que possui 57,4ha. A área média dos fragmentos é de 15,03ha. Os valores encontrados apontam grande fragmentação, alta heterogeneidade espacial e isolamento alto da paisagem na bacia do Rio Claro - MG.

Palavras-chave: fragmentação florestal, métricas da paisagem, bacia hidrográfica.

### 1. INTRODUÇÃO

Uma das principais consequências das perturbações antrópicas dos ecossistemas naturais é a fragmentação de ecossistemas naturais (Viana e Pinheiro, 1998). Para Calegari et al. (2010) o processo de fragmentação florestal que se intensifica nos tempos recentes tem resultado na formação de paisagens com pouca diversidade de hábitat, com fragmentos isolados e de dimensões reduzidas. Fahrig (2003) afirma que a perda e a fragmentação dos habitats naturais constituem hoje uma das maiores ameaças à biodiversidade.

A maior parte dos remanescentes florestais se encontra na forma de fragmentos florestais, sendo a substituição de grandes áreas de vegetação natural por ecossistemas diferentes, como pastagens e campos agrícolas, o impulsionador da criação de fragmentos isolados, imersos em uma matriz antrópica (Forman e Godron, 1986; Franklin, 1993).

O estudo Chaves e Santos (2009) demonstrou que o aumento da intensidade de uso ocasiona um aumento linear do grau de fragmentação da paisagem, revelando uma relação direta entre a intensidade de uso e o grau de fragmentação da paisagem.

Forero-Medina e Vieira (2007) definem a fragmentação florestal como o processo pelo qual uma área contínua de habitat é reduzida em tamanho e dividida em dois ou mais espaços separados por um entorno ou matriz de habitats diferentes do original. Neste caso, ocorre uma separação não natural de áreas amplas com diversidade de tamanho, forma, grau de isolamento, tipos de vizinhança e histórico de perturbações, que podem vir a comprometer a conservação da biodiversidade (Korman, 2003).

Um fragmento florestal pode ser definido como uma área de vegetação natural interrompida por barreiras antrópicas ou naturais (ex.: estradas, povoados, culturas agrícolas e florestais, pastagens, montanhas, lagos, represas) capazes de diminuir significativamente o fluxo de animais, pólen e, ou, sementes (Viana, 1990). Como principais consequências da fragmentação provocada por ação abiótica, podem-se citar as alterações no microclima como na umidade do ar, temperatura e radiação solar, particularmente nas bordas dos fragmentos, que ficam mais sujeitas a exposição solar. Outra ação abiótica é o aumento dos riscos de erosão, assoreamento dos cursos d'água e redução gradativa dos recursos hídricos, pela menor capacidade de retenção de água das chuvas nos solos, maior velocidade de escoamento destas e também maior evapotranspiração. Entre as consequências da fragmentação de origem biótica, podem-se citar a perda da biodiversidade microbiológica do solo, da flora e da fauna, a perda da diversidade genética, a redução da densidade ou abundância, alteração da estrutura da vegetação e maior possibilidade de ocorrência de espécies invasoras, entre outros. Esses danos podem ocorrer para a espécie em particular ou para a comunidade de plantas, podendo ainda provocar a modificação ou, mesmo, a eliminação das relações ecológicas originalmente entre as espécies vegetais, os polinizadores e os dispersores (Borges et al., 2004).

A conectividade, definida como sendo o inverso da fragmentação, é considerada um elemento vital da paisagem, já que é crítica para a sobrevivência da população e para a dinâmica populacional (Forero-Medina e Vieira, 2007). Caracteriza-se pela influência que a configuração da paisagem exerce ao facilitar ou dificultar a movimentação de organismos entre os fragmentos. Sendo assim, ela aparece como uma característica crucial para a sobrevivência de uma metapopulação em uma paisagem fragmentada (Metzger, 1999). A conectividade está relacionada com o tamanho do fragmento e é sugerida como a principal característica estrutural que influencia a persistência de espécies na paisagem (Martensen et al., 2008), passando a ser mais importante quando pequenos fragmentos estão situados perto de fragmentos maiores (Metzger, 2000).

De acordo com Souza et al. (2014), ainda são limitados os estudos que abordam a estrutura da paisagem com o objetivo de compreender padrões e processos essenciais para

diversos organismos. Da mesma forma, há escassez de trabalhos que avaliem a conectividade e o tamanho dos fragmentos em escalas locais, especialmente em ecossistemas tropicais (Metzger, 2008; Lindborg e Eriksson, 2004). Essa lacuna evidencia a necessidade de mais pesquisas em escala local, uma vez que cada região possui características paisagísticas específicas. Conhecer melhor as interações ecológicas nessas paisagens é de suma importância para uma gestão e conservação mais eficazes. Com o intuito de investigar os padrões espaciais e os processos ecológicos, diversos índices têm sido recentemente desenvolvidos para caracterizar as paisagens naturais. Esses indicadores permitem quantificar a estrutura e os padrões espaciais das paisagens, sendo, por isso, essenciais nas análises ecológicas (McGarigal e Marks, 1995; Forero-Medina e Vieira, 2007).

Segundo Calegari et al. (2010), adquirir conhecimento ecológico sobre os fragmentos florestais de uma determinada área é essencial para orientar uma gestão ambiental adequada, especialmente no que diz respeito ao manejo florestal. Esse manejo pode ser analisado a partir da Ecologia da Paisagem, utilizando-se da cartografia de uso e cobertura do solo. Assim, a avaliação da paisagem torna-se uma ferramenta importante para diagnosticar problemas atuais, prever possíveis impactos futuros e propor as mudanças necessárias à manutenção do equilíbrio natural.

O uso integrado dos Sistemas de Informações Geográficas (SIGs) e imagens de satélite de alta resolução permitem a detecção precisa dos fragmentos remanescentes, seus estados de conservação, possibilitando o cálculo de índices espaciais. A modelagem por meio dos Sistemas de Informação Geográfica e Sensoriamento Remoto é importante pela possibilidade de reconstruir o sistema investigado e prever o seu comportamento, transformações e tendências (Christofoletti, 1999). Desse modo, os modelos de simulação possibilitam verificar padrões para situações futuras (Souza et al, 2014).

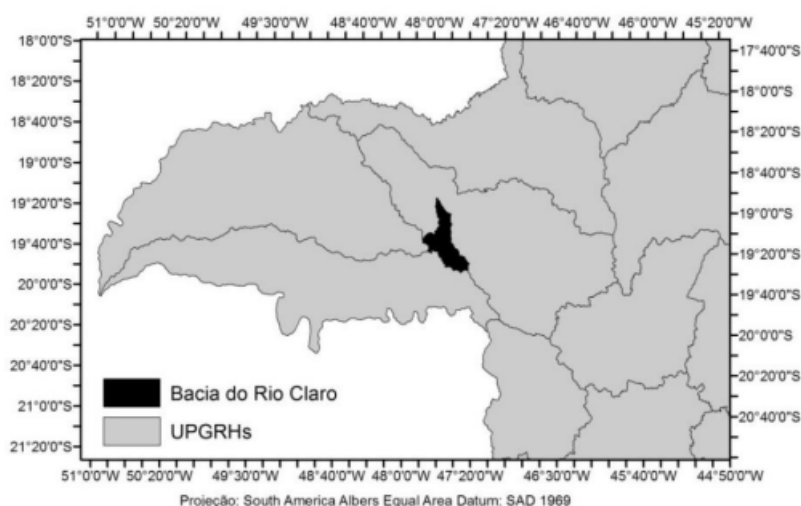
A compreensão dos elementos envolvidos e a espacialização de informações utilizando-se SIG permitem a identificação de problemas e, em consequência, o aperfeiçoamento de modelos de gestão ambiental auxiliando o tomador de decisões na seleção da melhor alternativa (Freitas et al, 2013).

Diante ao exposto, este estudo tem por objetivo analisar os índices de ecologia da paisagem da bacia do Rio Claro – MG, avaliando os graus de fragmentação, isolamento e heterogeneidade espacial da paisagem.

## 2. METODOLOGIA

A área objeto deste estudo é a bacia hidrográfica do Rio Claro, localizada no estado de Minas Gerais. Suas coordenadas estão delimitadas pelas coordenadas geográficas 19° 05' a 19° 45' de latitude sul e 47° 30' a 48° 00' de longitude oeste, com altitude de 700 – 1050 metros (Soares, 2002). A bacia possui área de 1.066,87Km<sup>2</sup> (Figura 1).

Figura 1: Localização da Bacia do Rio Claro – MG



Fonte: Sousa (2017)

Para a avaliação da dinâmica do uso e ocupação, baseou-se na metodologia descrita por Sousa (2017), utilizando -se de imagens de satélite *RapidEye* com resolução espacial de 5 m, do ano de 2015; obtidas junto ao Ministério do Meio Ambiente; do *software ARC GIS 10.3*™ e do *software eCognition Developer 9.0*™, seguindo a metodologia de Diniz et al (2014).

A análise da cobertura florestal na área foi computada por meio de índices de paisagem, usando o *software FRAGSTATS 4.1*. Foram utilizadas as configurações métricas do quadro 1 (Ferraz e Vettorazzi, 2003; Calegari et al, 2010; Souza et al., 2014).

Quadro 1: Configurações métricas para análise dos índices de paisagem.

|                           |                       |                                                                           |                                                                                                                                     |
|---------------------------|-----------------------|---------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Área da classe            | CA > 0(ha)            | Somatório da área<br>Maior valor favorece para a dos fragmentos da classe | Maior valor favorece para a dos fragmentos da classe conservação, correspondendo a maior cobertura da paisagem paisagem pela classe |
| Índice do maior fragmento | 0 < LPI ≤ 100(%)      | Porcentagem da paisagem ocupada pelo maior fragmento                      | Maior valor favorece dispersores, polinizadores e propágulos, abastecendo fragmentos menores                                        |
| Número de fragmentos      | NP ≥ 1 (adimensional) | Número total de fragmentos da classe                                      | Maior valor indica maior fragmentação da paisagem                                                                                   |

|                                                 |                             |                                                                    |                                                                                                                                       |
|-------------------------------------------------|-----------------------------|--------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Área média dos fragmentos                       | AREA_MN > 0 (ha)            | Área média de todos os fragmentos da classe                        | Fragmentos de tamanhos maiores apresentam maior diversidade, uma vez que a riqueza das espécies depende das dimensões dos fragmentos. |
| Densidade de manchas                            | PD > 0 (número por 100 ha)  | É o número de fragmentos da classe em 100 hectares da paisagem.    | Maior valor indica maior fragmentação da paisagem                                                                                     |
| Distância média do vizinho mais próximo         | ENN_MN ≥ 0 (m)              | Valor médio do vizinho mais próximo dos fragmentos da classe       | Valor menor favorece para a aglutinação dos fragmentos, favorecendo ao fluxo gênico                                                   |
| Coeficiente de variação da área dos fragmentos  | 0 ≤ AREA_CV ≤ 100(%)        | Variabilidade do tamanho médio dos fragmentos da classe            | Alto valor indica alta heterogeneidade espacial da paisagem, favorecendo a diversidade                                                |
| Coeficiente de variação da distância do vizinho | 0 ≤ ENN_CV ≤ 100(%)         | Variabilidade da distância média do vizinho mais próximo da classe | Alto valor indica alta variabilidade para distâncias entre fragmentos, prejudicando o fluxo gênico                                    |
| Índice de forma médio (SHAPE_MN)                | SHAPE_MN ≥ 1 (adimensional) |                                                                    | Valor menor indica fragmento de forma simples, o que é benéfico para a conservação.                                                   |
| Índice de conectividade estrutural (COHESION)   | 0 < COHESION < 100 (%)      |                                                                    | Valor maior favorece maior ligação estrutural dos fragmentos.                                                                         |

Fonte: Ferraz e Vettorazzi (2003); Calegari et al (2010); Souza et al. (2014)

A análise da distribuição de classes de tamanho de fragmentos é útil para a definição de estratégias para a conservação da biodiversidade em áreas protegidas (Pirovani et al, 2010). As classes de tamanho dos fragmentos foram definidas baseadas em Pirovani et al (2010), Valente e Vettorazzi (2005) e Viana e Pinheiro (1998) e podem ser identificados no Quadro 2:

Quadro 2: Classes de tamanho dos fragmentos

| Classes em ha | Tamanho        |
|---------------|----------------|
| <5            | Muito Pequenos |
| 5-10          | Pequenos       |
| 10-40         | Médios         |
| 40-100        | Grandes        |
| >100          | Muito Grandes  |

Fonte: Autora, 2025

### 3. RESULTADOS E DISCUSSÕES

A análise da distribuição de classes de tamanho de fragmentos é útil para a definição de estratégias para a conservação da biodiversidade em áreas protegidas (Viana e Pinheiro, 1998). A distribuição dos fragmentos florestais por classes de tamanho na bacia pode ser identificada na tabela 1:

Tabela 1: Frequência e área dos fragmentos florestais da Bacia do Rio Claro - MG por classes de tamanho.

| Classes em ha | Tamanho        | Frequência | Área (ha) |
|---------------|----------------|------------|-----------|
| <5            | Muito Pequenos | 644        | 1420,28   |
| 5-10          | Pequenos       | 243        | 1702,15   |
| 10-40         | Médios         | 195        | 3491,36   |
| 40-100        | Grandes        | 9          | 407,62    |
| >100          | Muito Grandes  | 0          | 0         |

Fonte: Autora (2025)

O menor fragmento florestal da bacia do Rio Claro possui 0.0025ha. Pela análise da Tabela 1, observa-se que a maioria dos fragmentos (59%) está na classe muito pequenos. No estudo de Souza et al (2014) aproximadamente 75% da paisagem era composta por fragmentos menores que 5ha. Almeida (2008) observou que 91,4% dos fragmentos no Parque Nacional dos Campos Gerais, no Paraná tinham áreas inferiores a 5 ha. Albanez (2000) referindo-se ao Município de Ponte Nova - MG, cita que os fragmentos constituídos por mata nesta paisagem predominam nas classes de tamanho de 0 a 20 ha, que são considerados pequenos. O principal problema deste padrão é que quanto mais área florestada estiver contida em pequenos fragmentos, mais intensamente estaria sujeita ao efeito de borda (Rodrigues, 1993). Fragmentos menores têm maior taxa de mortalidade de árvores do que fragmentos maiores ou áreas não fragmentadas. A formação de clareiras resultante desta maior mortandade nos fragmentos, especialmente próximo à borda dos mesmos, favorece o recrutamento de espécies de plantas pioneiras em detrimento das espécies típicas da floresta não perturbada. Consequentemente há uma alteração na composição florística e redução na diversidade de espécies (Laurance e Vasconcelos, 2009).

A classe de fragmentos grandes contribui com apenas 0,82% da paisagem. Viana e Pinheiro (1998) em estudo na região de Piracicaba - São Paulo também encontraram a maior parte dos fragmentos florestais com área inferior a 10 ha. Os <10 ha constituíam 26,4% e os >40 ha constituíam 24,3% da área total remanescente da cobertura florestal. Apesar de a grande maioria dos fragmentos apresentarem tamanho reduzido, esses remanescentes são fundamentais na paisagem, uma vez que são eles que proporcionam a manutenção da biodiversidade nesta área, e se eles não existissem a vegetação da área estaria praticamente extinta, comprometendo a conservação da biodiversidade local (Zanella et al., 2012). Muchailh et al (2010) em seu estudo no Paraná encontraram o tamanho do menor fragmento de 0,065 ha e do maior 684,28 ha, que correspondeu a 76% da cobertura florestal total. O maior fragmento

da bacia possui 57,4 ha, correspondendo a 0,82% da área florestal total, não existindo assim fragmentos da classe muito grandes na bacia do Rio Claro-MG.

Por meio das análises dos índices de paisagem foi possível avaliar o grau de fragmentação da vegetação natural florestal, cujos valores estão apresentados na Tabela 2.

Tabela 2: Métricas da paisagem para a Bacia do Rio Claro – MG.

| Métricas | Valores |
|----------|---------|
| CA       | 7500,33 |
| NP       | 499     |
| PD       | 6,65    |
| LPI      | 19,06   |
| AREA_MN  | 15,03   |
| AREA_CV  | 501,93  |
| SHAPE_MN | 1,95    |
| ENN_MN   | 178,45  |
| ENN_CV   | 0,16    |
| COHESION | 98,02   |

Fonte: Autora (2025)

Observando-se a Tabela 2, a vegetação natural está distribuída em 499 fragmentos que ocupam uma área (CA) de 7500,33 ha. Esta classe ocupa um total de 6,2% da área da Bacia do Rio Claro. Segundo Souza et al (2014) o FRAGSTATS só considera em sua análise fragmentos maiores que 0,5ha, explicando assim a diferença nos valores de área da tabela 1 e da tabela 2; tendo em vista que os fragmentos menores de 0,5ha possuem uma área total de 13,92ha (0.2%) da classe floresta.

A porcentagem ocupada pelo maior fragmento da paisagem (LPI) foi de 19,6%. Segundo Calegari et al (2010) o maior fragmento florestal, denominado matriz, é importante área-fonte de dispersores, polinizadores e propágulos, criando condições favoráveis para a manutenção da biodiversidade local, por meio de processos-chave, como a dispersão, polinização etc. Souza et al (2014) encontraram o valor de 2,47%. Calegari et al. (2010), em seu estudo em um município de Minas Gerais, encontraram 1,556%.

A área média dos fragmentos é de 15,03ha; valor semelhante ao encontrado por Muchailh et al (2010) em seu estudo (15,79 ha). Segundo Mcgarigal e Maks (2002) citado por Souza et al (2014) as paisagens que apresentam menores valores para tamanho médio de fragmentos devem ser consideradas como as mais fragmentadas. Souza et al (2014) encontraram o valor 7,66 ha. Ainda segundo os autores, quando o tamanho médio de fragmentos (AREA\_MN) é avaliado juntamente com a densidade de fragmento (PD), é possível obter um perfil do grau de fragmentação da paisagem. A densidade de fragmento (PD) foi de 6,65 fragmentos/100 ha; resultado similar ao estudo de Muchailh et al, 2010 (6,33). Souza et

al (2014) encontraram valor de 1,99 fragmentos/100 ha e Oliveira (2000) o valor de 3,3 fragmentos/100 ha. Segundo Souza et al (2014) e Oliveira (2000) os valores encontrados pelos autores corroboram que as áreas de estudo são bastante fragmentadas. Tendo em vista que a interpretação deste índice é quanto maior o valor indica maior fragmentação da paisagem; ressalta-se a grande fragmentação existente na bacia do Rio Claro-MG.

O coeficiente de variação do tamanho médio (AREA\_CV) dos fragmentos teve o valor de 501,93%, indicando alta heterogeneidade espacial da paisagem. Estudos realizados por Basile (2006), Almeida (2008) e Calegari et al. (2010) também identificaram altos coeficientes de variação relacionados à área média dos fragmentos florestais, com valores de 161%, 705% e 290,8%, respectivamente. Esses resultados evidenciam que a elevada variabilidade na dimensão dos fragmentos é uma característica recorrente nas pesquisas em ecologia da paisagem.

Souza et al (2014) apontam que de acordo com Forman (1997), a configuração dos fragmentos florestais, no que diz respeito à sua forma, é tão relevante quanto a sua dimensão quando se avalia a diversidade e sustentabilidade desses ecossistemas. Fragmentos com formatos mais irregulares tendem a sofrer um efeito de borda mais acentuado, especialmente aqueles de menor extensão, devido à maior exposição e interação com a matriz circundante (Cemin et al., 2009). Esse aumento do efeito de borda resulta, proporcionalmente, na redução da área central dos fragmentos — conhecida como área nuclear —, o que pode comprometer a integridade estrutural dos ecossistemas e a permanência das espécies que dependem desses ambientes (Valente e Vettorazzi, 2005).

Encontrou-se o valor de 1,95 para índice de forma (SHAPE\_MN). Calegari et al (2010) encontraram o valor semelhante (1,74) classificando o como um valor baixo. Valores menores indicam fragmentos de forma simples, o que é benéfico para a conservação. Souza et al (2014) encontraram o valor de 2,27 o que demonstra uma paisagem com formas complexas e irregulares.

A distância média do vizinho mais próximo (ENN\_MN) observada neste estudo foi de 178,45 metros. Com base na classificação proposta por Almeida (2008), que categoriza distâncias de 60, 120, 200 e acima de 200 metros como indicativas de baixo, médio, alto e muito alto isolamento, respectivamente, a paisagem analisada pode ser considerada como apresentando um alto grau de isolamento. Segundo Calegari et al. (2010), grandes distâncias entre fragmentos de florestas nativas reduzem a capacidade de colonização de espécies, dificultando o fluxo gênico entre populações animais e vegetais. No Parque Nacional dos Campos Gerais (PR), Almeida (2008) encontrou distâncias inferiores a 100 metros entre fragmentos, classificando essas áreas como “não muito isoladas” e argumentando que, para

algumas plantas dispersas por mamíferos de pequeno e médio porte, essa separação pode ser pouco significativa. No entanto, esse espaçamento pode representar uma barreira para a movimentação de determinadas espécies. Awade e Metzger (2008), por exemplo, constataram que algumas aves de sub-bosque evitam cruzar clareiras com mais de 40 metros de extensão. Resultados semelhantes aos deste estudo foram relatados por Calegari et al. (2010) e Ferraz e Vettorazzi (2003), que identificaram distâncias médias de 270,4 metros no Rio Grande do Sul e 180 metros em São Paulo, apontando para graus de isolamento entre alto e muito alto. Em contraste, pesquisas de Souza et al. (2014) e Muchailh et al. (2010) identificaram distâncias menores entre fragmentos, de 78 metros e 38,9 metros, respectivamente, sugerindo um menor grau de isolamento nessas áreas.

Segundo Priovani et al (2014) o grau de isolamento afeta o fluxo gênico entre fragmentos florestais e, portanto, a sustentabilidade de populações naturais. A conectividade entre os fragmentos florestais tende a diminuir em paisagens mais intensamente cultivadas, situação encontrada na bacia do Rio Claro – MG.

#### 4. CONCLUSÕES

A análise dos índices de paisagem possibilitou avaliar o grau de fragmentação da vegetação natural da bacia do Rio Claro-MG.

A maioria dos fragmentos (59%) está na classe muito pequenos, enquanto não existem fragmentos da classe muito grandes na bacia do Rio Claro-MG. A classe de fragmentos grandes corresponde a apenas 0,82% da paisagem, correspondendo a um único fragmento que possui 57,4ha. A área média dos fragmentos é de 15,03ha.

Os valores encontrados apontam grande fragmentação, alta heterogeneidade espacial e isolamento alto da paisagem na bacia do Rio Claro - MG.

#### REFERÊNCIAS

ALBANEZ, A. C. M. P. **Caracterização dos fragmentos florestais a partir de estudos de ecologia da paisagem para o município de Ponte Nova, Minas Gerais**. 2000. 160 f. Dissertação (Mestrado em Ciência Florestal) - Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, 2000.

ALMEIDA, C. G. **Análise espacial dos fragmentos florestais na área do Parque Nacional dos Campos Gerais, Paraná**. 2008. 72 f. Dissertação (Mestrado em Gestão do Território) - Universidade Estadual de Ponta Grossa, Ponta Grossa, 2008.

AWADE, M.; METZGER, J. P. Importance of functional connectivity to evaluate the effect of habitat fragmentation for three Atlantic rainforests birds. **Austral Ecology**, v. 33, p. 863-871, 2008.

- BASILE, A. **Caracterização estrutural e física de fragmentos florestais no contexto da paisagem da Bacia do Rio Corumbataí, SP**. 2006. 86 f. Dissertação (Mestrado em Ecologia Aplicada) - Universidade de São Paulo, Piracicaba, 2006.
- BORGES, L. F. R. et al. Inventário de fragmentos florestais nativos e propostas para seu manejo e o da paisagem. **Cerne**, v. 10, n. 1, p. 22-38, 2004.
- BRITO, E. R. et al. Identification of degraded areas and classes of vegetal cover through geographical information system, for environmental adequacy. In: RODRIGUES, R. R. et al. (Eds.). **High diversity forest restoration in degraded areas: methods and projects in Brazil**. New York: Nova Science Publishers, 2007. p. 247-260.
- CALEGARI, L. et al. Análise da dinâmica de fragmentos florestais no município de Carandaí, MG, para fins de restauração florestal. **Revista Árvore**, v. 34, n. 5, p. 871-880, 2010.
- CEMIN, G.; PERICO, E.; REMPEL, C. Composição e configuração da paisagem da sub-bacia do Arroio Jacaré, Vale do Taquari, RS, com ênfase nas áreas de florestas. **Revista Árvore**, v. 33, n. 4, p. 705-711, 2009.
- CHAVES, H. M. L.; SANTOS, L. B. Ocupação do solo, fragmentação da paisagem e qualidade da água em uma pequena bacia hidrográfica. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v. 13, n. 6, p. 922-930, 2009.
- CHRISTOFOLETTI, A. **Modelagem de sistemas ambientais**. São Paulo: Edgard Blücher, 1999.
- DINIZ, J. M. F. S. et al. Detecção da expansão da área minerada no quadrilátero ferrífero, Minas Gerais, no período de 1985 a 2011 através de técnicas de sensoriamento remoto. **Boletim de Ciências Geodésicas**, v. 20, n. 3, p. 683-700, 2014. Disponível em: <http://www.scielo.br/pdf/bcg/v20n3/1413-4853-bcg-20-03-0683.pdf>. Acesso em: 15 jun. 2015.
- FAHRIG, L. Effects of habitat fragmentation on biodiversity. **Annual Review of Ecology and Systematics**, v. 34, p. 487-515, 2003.
- FERRAZ, S. F. B.; VETTORAZZI, C. A. Identificação de áreas para a recomposição florestal com base em princípio de Ecologia de Paisagem. **Revista Árvore**, v. 27, n. 4, p. 575-583, 2003.
- FORERO-MEDINA, G.; VIEIRA, M. V. Conectividade funcional e a importância da interação organismo-paisagem. **Oecologia Brasiliensis**, v. 11, n. 4, p. 493-502, 2007.
- FORMAN, R. T. T.; GODRON, M. **Landscape ecology**. New York: John Wiley & Sons, 1986.
- FORMAN, R. T. T. **Land mosaics: the ecology of landscapes and regions**. New York: Cambridge University Press, 1997. 632 p.
- FRANKLIN, J. F. Preserving biodiversity: species, ecosystems, or landscapes? **Ecological Applications**, v. 3, n. 2, p. 202-205, 1993.
- FREITAS, E. P. et al. Indicadores ambientais para áreas de preservação permanente. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v. 17, n. 4, p. 443-449, 2013.

- KORMAN, V. **Proposta de integração das glebas do Parque Estadual de Vassununga (Santa Rita do Passa Quatro, SP)**. 2003. 131 f. Dissertação (Mestrado em Ecologia de Agroecossistemas) - Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz, Piracicaba, 2003.
- LAURANCE, W. F.; VASCONCELOS, H. L. Consequências ecológicas da fragmentação florestal na Amazônia. **Oecologia Brasiliensis**, v. 13, n. 3, p. 434-451, 2009.
- LINDBORG, R.; ERIKSSON, O. Historical landscape connectivity affects present plant species diversity. **Ecology**, v. 85, n. 7, p. 1840-1845, 2004.
- MARTENSEN, A. C. et al. Relative effects of fragment size and connectivity on bird community in the Atlantic Rain Forest: Implications for conservation. **Biological Conservation**, v. 141, n. 9, p. 2184-2192, 2008.
- MCGARIGAL, K.; MARKS, B. J. **Fragstats: spatial patterns analysis program for quantifying landscape structure**. Portland: Pacific Northwest Research Station, 1995. 122 p.
- METZGER, J. P. Estrutura da paisagem e fragmentação: análise bibliográfica. **Anais da Academia Brasileira de Ciências**, v. 71, n. 3, p. 445-463, 1999.
- METZGER, J. P. Landscape ecology: perspectives based on the 2007 IALE world congress. **Landscape Ecology**, v. 23, n. 5, p. 501-504, 2008.
- METZGER, J. P. Tree functional group richness and landscape structure in a brazilian tropical fragmented landscape. **Ecological Applications**, v. 10, n. 4, p. 1147-1161, 2000.
- OLIVEIRA, F. S. et al. Identificação de conflito de uso da terra em áreas de preservação permanente no entorno do Parque Nacional do Caparaó, estado de Minas Gerais. **Revista Árvore**, v. 32, n. 5, p. 899-908, 2008.
- OLIVEIRA, L. T. **Fragmentos de floresta Atlântica Semidecidual no município de Lavras: uma comparação ecológica entre a cobertura atual e a cobertura exigida pela legislação**. 2000. 103 f. Monografia (Graduação em Engenharia Florestal) - Universidade Federal de Lavras, Lavras, 2000.
- PIROVANI, D. B. **Fragmentação florestal, dinâmica e ecologia da paisagem na bacia hidrográfica do rio Itapemirim, ES**. 2010. 121 f. Dissertação (Mestrado em Ciências Florestais) - Universidade Federal do Espírito Santo, Alegre, 2010.
- RODRIGUES, E. **Ecologia de fragmentos florestais no gradiente de urbanização de Londrina - PR**. 1993. 102 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia) - Universidade de São Paulo, São Carlos, 1993.
- SOARES, A. M. **A bacia do Rio Claro: reflexos da ocupação antrópica**. 2002. Dissertação (Mestrado em Geografia) - Universidade Federal de Uberlândia, Uberlândia, 2002.
- SOUSA, J. S. **Vegetação e recursos hídricos na bacia do Rio Claro - MG: diagnóstico e instrumentos para gestão**. 2017. 238 f. Tese (Doutorado em Recursos Hídricos em Sistemas Agrícolas) - Universidade Federal de Lavras, Lavras, 2017.
- SOUZA, C. G. et al. Análise da fragmentação florestal da área de proteção ambiental Coqueiral, Coqueiral - MG. **Ciência Florestal**, v. 24, n. 3, p. 631-644, 2014.

VALENTE, R. O. A. **Análise da estrutura da paisagem na bacia do Rio Corumbataí, SP**. 2001. 161 f. Dissertação (Mestrado em Recursos Florestais) - Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz, Piracicaba, 2001.

VALENTE, R. O. A.; VETTORAZZI, C. A. Análise da estrutura da paisagem na Bacia do Rio Corumbataí. **Scientia Forestalis**, n. 62, p. 114-119, 2005.

VIANA, V. M.; PINHEIRO, L. A. F. V. Conservação da biodiversidade em fragmentos florestais. **Série Técnica IPEF**, v. 12, n. 32, p. 25-42, 1998.

VIANA, V. M. Biologia e manejo de fragmentos florestais naturais. In: CONGRESSO FLORESTAL BRASILEIRO, 6., 1990, Campos do Jordão. **Anais...** Campos do Jordão: SBS/SBEF, 1990. p. 113-118.

ZANELLA, L. et al. Atlantic Forest Fragmentation Analysis and Landscape Restoration Management Scenarios. **Natureza & Conservação**, v. 10, n. 1, p. 57-63, 2012.

