

**UNIVERSIDADE FEDERAL DO TRIÂNGULO MINEIRO
INSTITUTO DE CIÊNCIAS TECNOLÓGICAS E EXATAS
PROGRAMA DE MESTRADO PROFISSIONAL EM INOVAÇÕES
E TECNOLOGIAS**

Mauriti Silva Cunha Junior

**Desenvolvimento de protótipo de um sistema integrado para logística reversa e
reciclagem**

**Uberaba MG
2026**

Mauriti Silva Cunha Junior

Desenvolvimento de protótipo de um sistema integrado para logística reversa e reciclagem

Dissertação apresentada à Universidade Federal do Triângulo Mineiro, como parte das exigências do Programa de Mestrado Profissional em Inovações e Tecnologia da Universidade Federal do Triângulo Mineiro, como requisito para obtenção do título de mestre.

Orientador: Prof. Dr. Deusmaque Carneiro Ferreira

Uberaba MG
2026

**Catálogo na fonte: Biblioteca da Universidade Federal do
Triângulo Mineiro**

C978d Cunha Junior, Mauriti Silva
Desenvolvimento de protótipo de um sistema integrado para logística reversa e reciclagem / Mauriti Silva Cunha Junior. -- 2026.
55 p. : tab.

Dissertação (Mestrado Profissional em Inovações e Tecnologias) --
Universidade Federal do Triângulo Mineiro, Uberaba, MG, 2026
Orientador: Prof. Dr. Deusmaque Carneiro Ferreira

1. Educação ambiental. 2. Resíduos sólidos. 3. Logística reversa.
4. Gestão integrada de resíduos sólidos. I. Ferreira, Deusmaque Carneiro. II.
Universidade Federal do Triângulo Mineiro. III. Título.

CDU 502:37

MAURITI SILVA CUNHA JUNIOR**DESENVOLVIMENTO DE PROTÓTIPO DE UM SISTEMA INTEGRADO PARA LOGÍSTICA REVERSA E RECICLAGEM**

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-graduação Profissional em Inovações e Tecnologias da Universidade Federal do Triângulo Mineiro como requisito parcial para obtenção do título de mestre.

Uberaba, 24 de fevereiro de 2026

Banca Examinadora:

Dr. Deusmaque Carneiro Ferreira – Orientador
Universidade Federal do Triângulo Mineiro

Dr. David Maikel Fernandes
Instituto Federal do Triângulo Mineiro

Dra. Magda Stella de Melo Martins
Instituto Federal do Triângulo Mineiro



Documento assinado eletronicamente por **DEUSMAQUE CARNEIRO FERREIRA, Professor do Magistério Superior**, em 24/02/2026, às 17:18, conforme horário oficial de Brasília, com fundamento no § 3º do art. 4º do [Decreto nº 10.543, de 13 de novembro de 2020](#) e no art. 34 da [Portaria Reitoria/UFTM nº 215, de 16 de julho de 2024](#).



Documento assinado eletronicamente por **MAGDA STELLA DE MELO MARTINS, Usuário Externo**, em 11/03/2026, às 16:21, conforme horário oficial de Brasília, com fundamento no § 3º do art. 4º do [Decreto nº 10.543, de 13 de novembro de 2020](#) e no art. 34 da [Portaria Reitoria/UFTM nº 215, de 16 de julho de 2024](#).



Documento assinado eletronicamente por **DAVID MAIKEL FERNANDES, Usuário Externo**, em 31/03/2026, às 15:38, conforme horário oficial de Brasília, com fundamento no § 3º do art. 4º do [Decreto nº 10.543, de 13 de novembro de 2020](#) e no art. 34 da [Portaria Reitoria/UFTM nº 215, de 16 de julho de 2024](#).



A autenticidade deste documento pode ser conferida no site http://sei.ufm.edu.br/sei/controlador_externo.php?acao=documento_conferir&id_orgao_acesso_externo=0, informando o código verificador **1691447** e o código CRC **50135DA6**.

Dedico este trabalho a todos que trabalham pelo meio ambiente, aos catadores, garis, aos profissionais dos ciclos de reciclagem, a aqueles que de forma geral cuidam do nosso planeta Terra. Aos que foram marginalizados, invisibilizados e calados.

AGRADECIMENTOS

A Deus, à vida, à minha querida família por todo o amor: mãe Rosângela e pai Mauriti (*in memorian*), aos meus amados avós, Maria dos Reis, Mauriti, Lourdes, Alvercino, todos (*in memorian*), minha querida tia Inês (*in memorian*). Minha querida amiga Lourdinha Valio (*in memorian*) Aos meus queridos irmãos, as minhas queridas sobrinhas.

Aos meus queridos mestres que encontrei no mestrado e levo para toda a vida: Meu Orientador prof. Dr. Deusmaque Carneiro Ferreira por toda amizade, companheirismo, inspiração e sabedoria a qual busco me espelhar; Profa. Dra. Mariângela Torreglosa Ruiz Cintra coordenadora de curso pelas orientações, presteza e amabilidade; Prof. Dr. Gilberto Pereira pelas orientações e amizade.

Aos membros titulares da banca Prof. Dr. David Mikael Fernandes e Profa. Dra Magda Stella de Melo Martins pelas contribuições, disponibilidade, atenção e presteza.

Aos suplentes da banca Profa. Dra. Mariangela Torreglosa Ruiz Cintra e Profa. Dra Monica Hitomi Okura pela disponibilidade, atenção e presteza.

Ao amigo e desenvolvedor de sistema do produto tecnológico do presente trabalho Prof. Dr. Lucas Batista Carriconde, por toda amizade e dedicação.

As amigas de mestrado que levo para vida, Ana Claudia Silva Borges (PMPIT), Daiane de Oliveira Teixeira e Beatriz Castro (PPGCTA).

Aos que cuidam da minha saúde, Dra. Karine B. Lima de Souza, Dr. Thiago Ezequiel e Dra. Gisele Rodrigues da Cunha.

Aos servidores da UFTM, bibliotecários Júlio Gomes e Leila Anastácio pela orientação e presteza; aos secretários Enio Santos e Viviane Gabriela Marques pela gentileza e comprometimento.

Aos gestores de PEV, Nadine Leal, Herval Kobaioshi, Vania Maria Alves (Mercearia Guanabara), Claudinei José Mateus (da Pantanal) por suas contribuições com esse trabalho sobre tudo como o meio ambiente no município de Uberaba.

"É preciso dar o seu coração, para obter em troca o dos outros."
São Vicente de Paulo

RESUMO

A presente pesquisa teve como objetivo a criação de um software como ferramenta tecnológica para educação ambiental e economia circular voltada ao atendimento das demandas de logística reversa e de gestão de recicláveis. Com método de pesquisa etnográfica, quantitativo e qualitativo. A pesquisa identificou que a população de Uberaba carece de informações claras e acessíveis sobre onde e como realizar o descarte correto dos resíduos sólidos. Diante desse cenário, desenvolveu-se um software, o qual foi aplicado em quatro pontos de Entrega Voluntária (PEVs) dos doze identificados, todos já existentes, distribuídos em diferentes regiões do município e integrados à comunidade local. Observou-se que a relação da população com os resíduos sólidos é fortemente influenciada por fatores culturais, educacionais e pela condição socioeconômica, da governança e políticas públicas ou no caso da ausência delas. De modo que a pesquisa contribui para interagir informações entre a população e PEVs em Uberaba, podendo mitigar o descarte inadequado, favorecendo os ciclos de reciclagem e quem trabalha nele. Este estudo pode ser aprofundado e ampliado por pesquisas futuras que se dediquem à temática abordada.

Palavras chaves: tecnologia; educação ambiental; economia circular; logística reversa; resíduos sólidos.

ABSTRACT

This study aimed to develop a software application as a technological tool for environmental education and circular economy, focused on addressing the demands of reverse logistics and recyclable waste management. The research adopted an ethnographic, quantitative, and qualitative methodological approach.

The findings revealed that the population of Uberaba lacks clear and accessible information regarding where and how to properly dispose of solid waste. In response to this scenario, a software application was developed and implemented in four of the twelve identified Voluntary Delivery Points (PEVs), all of which were pre-existing, distributed across different regions of the municipality, and integrated into the local community.

It was observed that the population's relationship with solid waste is strongly influenced by cultural and educational factors, as well as by socioeconomic conditions, governance, and public policies—or, in some cases, their absence. Thus, the research contributes to facilitating information exchange between the population and PEVs in Uberaba, with the potential to mitigate improper waste disposal and promote recycling cycles and the workers involved in them.

This study may be further developed and expanded through future research dedicated to the theme addressed.

Keywords: technology; environmental education; circular economy; reverse logistics; solid waste.

TABELAS

1	Como conheceu o ponto de entrega voluntário.....	41
2	Motivos de buscar o PEV para descarte.....	42
3	O que mais costuma descartar na PEV.....	43
4	Utilidade de uma ferramenta informativa sobre PEV.....	44
5	Utilização de transporte para acesso ao PEV.....	44
6	Distância entre a residência e o PEV mais utilizado.....	45
7	Qual a frequência de descarte de resíduos no PEV.....	45
8	Quais dificuldades da logística reversa e reciclagem o usuário enfrenta.....	46

LISTA DE SIGLAS E ABREVIACÕES

ABRELPE	Associação Brasileira de Empresas de Limpeza Pública e Resíduos Especiais
CEP	Comitê de Ética em Pesquisa
CDNBC	Câmara de Desenvolvimento e Negócios Brasil-China
CIM	Comitê Interministerial Sobre Mudança do Clima
CNM	Confederação Nacional de Municípios
COOPERU	Cooperativa dos Recolhedores Autônomos de Resíduos Sólidos e Materiais Recicláveis de Uberaba.
IBGE	Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística
IPEA	Instituto de Pesquisa Econômica Aplicada
ISWA	International Solid Waste Association
ODS	Objetivos de Desenvolvimento Sustentável
ONU	Organização das Nações Unidas
PEV	Ponto de entrega voluntário
PMPIT	Programa de Mestrado Profissional em Inovações e Tecnologias
PNRS	Política Nacional de Resíduos Sólidos
RS	Resíduos sólidos
RSU	Resíduos sólidos urbanos
UFTM	Universidade Federal do Triângulo Mineiro

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO.....	14
2	OBJETIVOS.....	18
2.1	GERAL.....	18
2.2	ESPECIFICOS.....	18
3	JUSTIFICATIVA	20
4	ESTADO DA ARTE.....	21
4.1	DOS ASPECTOS RELACIONADOS À COLETA SELETIVA, RECICLAGEM E LOGISTICA REVERSA.....	23
4.2	DA ECONOMIA E EDUCAÇÃO AMBIENTAL.....	25
4.3	DA IMPORTÂNCIA DO SOFTWARE PARA A INOVAÇÃO TECNOLÓGICA NA GESTÃO DOS RESÍDUOS SÓLIDOS	26
4.4	DOS OBJETIVOS DE DESENVOLVIMENTO SUSTENTÁVEL.....	27
4.5	DA ECONOMIA E DESAFIOS AMBIENTAIS CONTEMPORÂNEOS	29
4.6	DA HISTÓRIA DA URBANIZAÇÃO CONTEMPORÂNEA DAS CIDADES BRASILEIRAS.....	30
5	METODOLOGIA.....	32
5.1	DELINEAMENTO METODOLÓGICO DA PESQUISA.....	32
5.2	JUSTIFICATIVA DA ABORDAGEM ETNOGRÁFICA.....	32
5.3	DO CONTEXTO E LOCAL DA PESQUISA.....	33
5.4	DA PRODUÇÃO DOS DADOS EMPÍRICOS.....	33
5.5	CRITÉRIOS DE ANÁLISE DOS DADOS QUALITATIVOS.....	34
5.6	DESENVOLVIMENTO DO PROTÓTIPO DE SOFTWARE.....	35
5.7	FLUXOGRAMA METODOLÓGICO DA PESQUISA.....	35
6	RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	37
6.1	DA GESTÃO DOS PEVS E DESTINAÇÃO DOS RESÍDUOS.....	37
6.2	DOS ENTRAVES ESTRUTURAIS E INSTITUCIONAIS.....	37
6.3	DO ACESSO, INFORMAÇÃO E COMPORTAMENTO DOS USUÁRIOS....	38
6.4	DO PERFIL DOS RESÍDUOS DESCARTADOS E IMPLICAÇÕES PARA A ECONOMIA CIRCULAR.....	38
6.5	DAS DEMANDA SOCIAL POR FERRAMENTAS INFORMATIVAS.....	39
6.6	DA MOBILIDADE, DISTÂNCIA E FREQUÊNCIA DE USO.....	39
6.7	DAS PRINCIPAIS DIFICULDADES DA LOGÍSTICA REVERSA.....	39

6.8	DAS LIMITAÇÕES DO ESTUDO E CONSIDERAÇÕES METODOLÓGICAS.....	40
6.9	DA DISPONIBILIZAÇÃO DO SITE.....	47
7	CONCLUSÃO.....	48
	EPÍLOGO	49
	REFERÊNCIAS	50
	APÊNDICE A - PESQUISA DE INSTITUIÇÕES, EMPRESAS E OU SERVIÇOS DE TECNOLOGIA PARA SOLUÇÕES AMBIENTAIS.....	55

1 INTRODUÇÃO

Historicamente, a gestão dos resíduos sólidos foi atribuída aos municípios, que adotavam como prática o afastamento dos resíduos sólidos e orgânicos dos centros urbanos, destinando-os a lixões localizados fora da percepção da população. Contudo, com o crescimento populacional e o aumento descontrolado da geração de resíduos, tais práticas tornaram-se insustentáveis, exigindo a adoção de novas estratégias de coleta e descarte (Struk, 2017).

Ressalta-se, que também foram observadas oportunidades econômicas reaproveitando diversos desses materiais rejeitados, ampliadas pela maior sensibilização ambiental ocorrida desde os anos 1990. Segundo o Instituto de Pesquisa Econômica Aplicada (IPEA), tornou-se necessário o desenvolvimento de novas abordagens para a gestão dos resíduos sólidos, que considerem tanto os padrões de consumo e produção quanto as práticas de manejo pós-geração (Szigethy e Antenor 2025).

É notório que o crescimento das aglomerações urbanas, ao longo do tempo, consolidou um cenário no qual a segregação, o manejo e o tratamento adequado dos resíduos sólidos (RS) tornaram-se imprescindíveis para a sustentabilidade das cidades. Ademais, observa-se o avanço da complexidade na composição dos materiais descartados, o que amplia os desafios associados à sua gestão (Melosi, 2005).

Diante dos desafios globais para o Meio Ambiente o Brasil tem assumido compromissos em convenções internacionais como apresentado no Quadro1.

Quadro 1 - Participação do Brasil em importantes marcos internacionais de Meio Ambiente

Nome da convenção	Ano	Local	Documento
Conferência das Nações Unidas Sobre o Meio Ambiente Humano	1972	Estocolmo, Suécia	Declaração de Estocolmo
Conferência das Nações Unidas Sobre Meio Ambiente e Desenvolvimento	1992	Rio de Janeiro, Brasil	Agenda 21; Declaração do Rio sobre Meio Ambiente e Desenvolvimento

Cúpula das Nações Unidas para o Desenvolvimento Sustentável	2015	Nova York, Estados Unidos	Objetivos de Desenvolvimento Sustentável (ODS), 2030.
28ª Conferência das Partes da Convenção-Quadro das Nações Unidas sobre Mudança do Clima	2023	Dubai, Emirados Árabes Unidos	COP 28
30ª Conferência das Partes da Convenção-Quadro das Nações Unidas sobre Mudança do Clima	2025	Belém, Brasil	COP 30

Fonte: elaboração própria, 2025.

Todos esses eventos tratam-se de compromissos sobre Mudanças Climáticas. Esses dossiês gerados e assinados em conjunto são geridos no Brasil pelo Comitê Interministerial Sobre Mudança do Clima (CIM), instituição que foi restabelecida desde 2023. (Brasil, 2024a). Há 53 anos na Declaração de Estocolmo, o país já reiterou a premissa da preservação dos recursos naturais e do meio ambiente para as gerações presentes e futuras, a responsabilidade de proteger a vida selvagem e a importância do desenvolvimento econômico. (ONU, 2020).

No Brasil, a gestão dos resíduos sólidos foi sistematizada com a instituição da Política Nacional de Resíduos Sólidos (PNRS), por meio da Lei Federal n. 12.305, de 2 de agosto de 2010 (Brasil, 2010).

Entre seus principais objetivos, destacam-se a redução da geração de resíduos, a reutilização, a reciclagem, a logística reversa e a disposição final ambientalmente adequada dos rejeitos.

A promulgação dessa lei constitui o recorte temporal adotado nesta pesquisa, uma vez que estabelece a responsabilidade compartilhada entre poder público, setor produtivo e

sociedade civil (Brasil, 2024b).

Apenas 4% dos resíduos sólidos é reciclado no Brasil, indicador ainda muito abaixo se comparado com países de mesma faixa de renda per capita e índice de desenvolvimento econômico, como por exemplo: Chile, Argentina, África do Sul e Turquia, que apresentaram média de 16% de reciclagem, conforme dados da *International Solid Waste Association* (ISWA), (Gandra, 2022).

Destaca-se que no município de Uberaba, MG, a Política Municipal de Resíduos Sólidos foi estabelecida apenas em 2018, pela Lei municipal n.12.909/2018, seguindo os princípios, diretrizes e objetivos da PNRS. Dessa forma, a normativa municipal reconhece, entre seus princípios, o valor econômico dos resíduos sólidos e seu potencial para a geração de renda e emprego, decorrentes de um gerenciamento eficaz (Uberaba, 2018). Também se incluem entre seus objetivos, além da redução da quantidade gerada, diferentes destinações até a disposição final ambientalmente adequada dos rejeitos (Uberaba, 2018).

Reconhece-se que para viabilizar economicamente essas diferentes destinações, além de tornar mais humano o trabalho das pessoas que lidam com os resíduos, esses precisam ser separados na fonte e coletados de forma diferenciada, de acordo com a destinação (Gallardo *et al.*, 2010 p.12).

Em números podemos verificar que no ano 2020, considerando a produção média de resíduos 0,92 kg/hab. dia, o Consórcio Vital (2020, p. 94), estimava uma produção anual de 11.485,3 toneladas de resíduos sólidos. Conforme dados do último censo IBGE (2022) o número de habitantes era de 337.836 mil habitantes o que equivale 310.809,12 toneladas de resíduos sólidos ao ano produzidos na cidade. Segundo a Cooperativa dos Recolhedores Autônomos de Resíduos Sólidos e Materiais Recicláveis de Uberaba (COOPERU), citado por Mayer, (2022) até 3% dos resíduos sólidos e recicláveis recebem tratamento e retorno ao ciclo. Retomaremos a discussão de percentuais de reciclagem no Estado da Arte.

Considerando que ainda não haja uma efetividade na gestão de RS no município, evidencia-se a importância da implantação da segregação dos resíduos, da coleta seletiva, práticas de reaproveitamento, reutilização, intensificação da reciclagem e da logística reversa, especialmente nos centros urbanos, ação que deve ser conforme a PNRS compartilhada, além da indispensável participação eficaz dos gestores do município e a atuação da sociedade civil.

Dentro do recorte geográfico Uberaba, MG, e temporal, após a criação da PNRS no ano 2010 até 2025. Questiona-se por que, mesmo após a implementação da PNRS, ainda persistem práticas inadequadas de descarte de resíduos sólidos no município de Uberaba (MG). Observa-

se, ainda, possíveis limitações no acesso aos Pontos de Entrega Voluntária (PEVs), bem como na disponibilidade de informações públicas claras e integradas sobre o descarte ambientalmente adequado.

A cidade de Uberaba conta com iniciativas pontuais para a coleta de resíduos recicláveis e de logística reversa, por parte de cooperativas, prefeitura municipal, institutos, universidades, escolas, empresas, e iniciativa da sociedade civil, portanto ainda é um trabalho tímido. O que resulta no sub aproveitamento desses materiais (Lima, 2021).

Apesar dos avanços normativos e da existência de iniciativas locais, identifica-se uma lacuna científica e tecnológica relacionada à ausência de sistemas digitais integrados que promovam a mediação informacional entre a população, os Pontos de Entrega Voluntária (PEVs) e os agentes da cadeia da reciclagem. Observa-se carência de ferramentas que articulem educação ambiental, economia circular e logística reversa, capazes de ampliar o acesso da população a informações claras, atualizadas e territorializadas sobre o descarte correto dos resíduos sólidos.

Em que medida uma ferramenta digital pode atuar como instrumento de educação ambiental e economia circular de mediação informacional, buscando promover a efetividade dos Objetivos de Desenvolvimento Sustentável (ODS) e das PNRS no município de Uberaba (MG), especialmente no que se refere à segregação, ao descarte correto e à logística reversa dos resíduos sólidos.

Diante desse desafio faz-se mister o desenvolvimento do protótipo de um software como ferramenta tecnológica digital para a orientação dos munícipes para educação ambiental e economia circular para logística reversa.

2 OBJETIVOS

Os objetivos desta pesquisa foram delineados conforme itens 2.1 e 2.2.

2.1 GERAL

Desenvolver e aplicar um software como sistema digital voltado à orientação dos municípios, configurando-se como instrumento tecnológico para a educação ambiental e a promoção da economia circular. Disponibilizar informações claras, acessíveis e territorializadas sobre os PEVs constitui estratégia fundamental para reduzir a assimetria informacional existente entre a população e os mecanismos formais de destinação ambientalmente adequada dos resíduos sólidos recicláveis e sujeitos à logística reversa.

2.2 ESPECÍFICOS

Propõe-se neste trabalho a realização das seguintes:

- a) mapear os PEVs ativos no município de Uberaba (MG), identificando localização, tipos de resíduos recebidos, horários de funcionamento e orientações de descarte, por meio de pesquisa etnográfica, documental e observação direta em campo;
- b) analisar as percepções, práticas e dificuldades dos usuários e gestores dos PEVs em relação ao descarte correto, à logística reversa e ao acesso à informação, utilizando entrevistas e questionários estruturados aplicados presencialmente e por meio digital;
- c) desenvolver um protótipo de software informativo e educativo voltado à educação ambiental, economia circular e logística reversa, com base nos dados empíricos e nas lacunas informacionais identificadas durante a pesquisa de campo;
- d) implementar o protótipo de software, em caráter piloto, em PEVs selecionados do município de Uberaba, visando testar sua funcionalidade, usabilidade e potencial de mediação informacional entre população, PEVs e agentes da cadeia da reciclagem;
- e) avaliar a percepção dos usuários e gestores dos PEVs quanto à utilidade, clareza e relevância social do protótipo, por meio da aplicação de questionário avaliativo após o período de uso experimental;

f) examinar o potencial do protótipo como instrumento de apoio à efetivação da Política Nacional de Resíduos Sólidos (Lei nº 12.305/2010) e os ODS, especialmente no que se refere à educação ambiental, à logística reversa e à economia circular em contexto urbano.

3 JUSTIFICATIVA

Este trabalho justifica-se pela sua relevância científica, tecnológica e social, ao propor o desenvolvimento de uma ferramenta digital voltada à mediação informacional no âmbito da gestão de resíduos sólidos urbanos. Do ponto de vista científico, a pesquisa contribui para o campo interdisciplinar das Ciências Ambientais ao articular educação ambiental, economia circular e tecnologias da informação aplicadas à efetivação de políticas públicas, ampliando o debate sobre instrumentos digitais como indutores de mudança comportamental e participação cidadã.

No plano tecnológico, a proposta dialoga diretamente com os princípios da PNRS instituída pela Lei Federal nº 12.305/2010, especialmente no que se refere à transparência das informações, à responsabilidade compartilhada e ao controle social. A ferramenta proposta busca suprir lacunas existentes na disponibilização, integração e acessibilidade de dados sobre segregação, descarte adequado e logística reversa, favorecendo o cumprimento dos dispositivos legais previstos na PNRS.

Desenvolver um software informativo e educativo visa potencializar a eficiência do sistema de gestão de resíduos sólidos, ao facilitar o acesso à informação, estimular a segregação na fonte, orientar o descarte correto e promover a articulação entre os diferentes atores da cadeia da reciclagem. A aplicação do sistema na comunidade possibilita fortalecer a educação ambiental, estimular a corresponsabilização social e fomentar práticas alinhadas à economia circular, contribuindo para a destinação ambientalmente adequada dos resíduos sólidos recicláveis e de logística reversa.

Sob a perspectiva social, o estudo alinha-se aos Objetivos de Desenvolvimento Sustentável (ODS) da Agenda 2030, com destaque para o ODS 11 (Cidades e Comunidades Sustentáveis), ODS 12 (Consumo e Produção Responsáveis) e ODS 13 (Ação contra a Mudança Global do Clima), ao fomentar práticas sustentáveis, ampliar o acesso da população à informação qualificada e estimular a participação ativa da sociedade na gestão dos resíduos sólidos. Dessa forma, a pesquisa contribui para o fortalecimento da cidadania ambiental e para a consolidação de políticas públicas orientadas ao desenvolvimento sustentável no contexto urbano.

4 ESTADO DA ARTE

Segundo o Atlas Global, *Global Waste Management Outlook 2024* (GWMO 2024), no mundo, 38% dos resíduos sólidos vão para destinos impróprios. Na América do Sul, esse percentual é de 34%, isso permite diagnosticar que o Brasil está em déficit em comparação à média global e também à média do continente. O International Solid Waste Association (ISWA), representado por Silva Filho, declarou ainda que o aproveitamento dos resíduos sólidos no mundo e no Brasil são ainda de toda forma insatisfatórios. Segundo o relatório, enquanto a média mundial apresenta 19%, a do continente Sul-americano de 6%, o indicador de reciclagem de RSU no Brasil varia em torno de 3 a 4% e está estagnado há mais de uma década (Boehm, 2024).

O periódico *Panorama Abrema – Resíduos Sólidos no Brasil*, publicado pela Associação Brasileira de Resíduos e Meio Ambiente (ABREMA), apresenta um diagnóstico atualizado da geração de resíduos sólidos urbanos (RSU) no país. Segundo a edição de 2024, no ano de 2023 observou-se uma redução nos índices de desemprego no Brasil, fenômeno que indica um possível aumento do poder de compra da população. Tal conjuntura socioeconômica refletiu-se diretamente nos padrões de consumo e, consequentemente, na geração de resíduos sólidos urbanos. Estima-se, nesse contexto, que a geração per capita de RSU tenha apresentado um leve crescimento, inferior a um ponto percentual, atingindo a média de 1,047 kg de resíduos por habitante ao dia (ABREMA, 2024).

Ao considerar esse valor médio e aplicá-lo à população brasileira estimada pelo Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE) para o ano de 2023, verifica-se uma geração anual aproximada de 81 milhões de toneladas de resíduos sólidos urbanos. Esse montante equivale à produção diária de mais de 221 mil toneladas de resíduos, correspondendo a cerca de 1,04 kg/hab/dia de RSU, o que evidencia a magnitude do desafio imposto à gestão de resíduos no território nacional (ABREMA, 2024).

Sob a perspectiva regional, os dados revelam que a Região Sudeste se manteve como a maior geradora de resíduos sólidos urbanos no Brasil, tanto em termos de geração per capita quanto em volume total. Em 2023, a região apresentou um crescimento aproximado de 0,6% na geração per capita, alcançando 452 kg de RSU por habitante ao ano, o que corresponde a 1,237 kg/hab/dia. Em relação ao volume total gerado, observou-se um aumento de 0,9% em comparação ao ano de 2022, resultando em mais de 39,9 milhões de toneladas de RSU produzidas em 2023. Esse volume representa cerca de 109 mil toneladas diárias, correspondendo a aproximadamente 50% de toda a geração nacional de resíduos sólidos

urbanos (ABREMA, 2024).

Em contraste, a Região Sul apresentou a menor geração per capita de resíduos sólidos urbanos do país, com 284 kg de RSU por habitante ao ano, equivalentes a 0,779 kg/hab/dia, indicando padrões de consumo e descarte relativamente mais contidos quando comparados às demais regiões. Já a Região Norte destacou-se por apresentar a menor participação na geração total nacional de RSU, sendo responsável por 7,5% do total produzido no Brasil. Em termos absolutos, essa participação corresponde a aproximadamente 16,5 mil toneladas diárias, ou cerca de 6,0 milhões de toneladas de resíduos sólidos urbanos, no que se traduz em 0,945 kg/hab/dia ao longo do ano de 2023 (ABREMA, 2024).

Esses dados evidenciam profundas assimetrias regionais na geração de resíduos sólidos urbanos no Brasil, reforçando a necessidade de políticas públicas territorializadas, estratégias diferenciadas de gestão e o fortalecimento de políticas públicas, e instrumentos de educação ambiental, logística reversa e economia circular.

A Lei nº 12.305, de 2 de agosto de 2010, que instituiu a Política Nacional de Resíduos Sólidos (PNRS), é resultado de um processo legislativo que envolveu a participação de diversos atores, como o Poder Executivo, o Congresso Nacional e a sociedade civil.

. Principais aspectos da Lei nº 12.305/2010 (PNRS):

- a) hierarquia na gestão de resíduos: A lei estabelece uma ordem de prioridade para a gestão dos resíduos, priorizando a não geração, a redução, a reutilização, a reciclagem, o tratamento e, por fim, a destinação final ambientalmente adequada dos rejeitos;
- b) responsabilidade compartilhada: A PNRS institui a responsabilidade compartilhada pelo ciclo de vida dos produtos, envolvendo fabricantes, importadores, distribuidores, comerciantes e consumidores na gestão dos resíduos;
- c) logística reversa: A lei obriga os fabricantes, importadores, distribuidores e comerciantes de determinados produtos a estruturarem e implementarem sistemas de logística reversa, para recolher e dar destinação adequada aos resíduos após o consumo;

- d) planos de gestão de resíduos: A PNRS exige a elaboração de planos de gestão de resíduos sólidos nos níveis nacional, estadual e municipal, bem como por parte de grandes geradores de resíduos;
- e) coleta seletiva: A lei incentiva a coleta seletiva de resíduos, como forma de aumentar a reciclagem e reduzir a quantidade de resíduos destinados a aterros sanitários;
- f) instrumentos econômicos: A PNRS prevê a utilização de instrumentos econômicos, como taxas e incentivos fiscais, para estimular a gestão ambientalmente adequada dos resíduos;
- g) inclusão social: A lei reconhece a importância da participação dos catadores de materiais recicláveis na gestão dos resíduos, buscando sua inclusão social e econômica.

A PNRS representa um avanço significativo na gestão de resíduos sólidos no Brasil, estabelecendo um marco legal e institucional para a construção de um modelo mais sustentável e ambientalmente adequado. No entanto, é importante ressaltar que ela estabelece princípios, objetivos e instrumentos gerais para a gestão integrada. Todavia o Brasil como um país com extensão continental e com as mais diversas assimetrias econômicas e de políticas públicas que impactam em infraestrutura, saneamento, saúde, educação e outros, requer atenção e plano regionalizado para aplicação da PNRS. (Brasil, 2024).

4.1 DOS ASPECTOS RELACIONADOS À COLETA SELETIVA, RECICLAGEM E LOGÍSTICA REVERSA

Segundo Szigethy e Antenor (2025) o aumento do consumo no Brasil tem por consequência gerado um número crescente de resíduos sólidos per capita, entre eles embalagens, componentes e outros insumos industriais que são desperdiçados quando descartados sem destinação ambientalmente adequada.

Os prazos revisados da implantação efetiva das PNRS, para as capitais e regiões metropolitanas, ajustaram a disposição final de seus RSU e findaram em julho de 2018. Para os municípios com mais de 100 mil habitantes, o prazo era julho de 2019. Cidades de menor porte, entre 50 e 100 mil habitantes, tiveram prazo até julho de 2020, enquanto as com menos de 50

mil habitantes, até julho de 2021 (Szigethy e Antenor, 2025)

Entretanto, a Câmara de Desenvolvimento e Negócios Brasil-China (CDNBC), (2018) aponta que uma considerável parte de municípios grandes e pequenos tem descumprido a legislação, tentando adiar a obrigatoriedade dessas ações, sob alegação feita pela Confederação Nacional de Municípios (CNM), de que é necessário maior investimento financeiro e apoio técnico por parte do Governo Federal para o cumprimento efetivo integral da PNRS. A redação do novo marco legal do saneamento, previu mais uma prorrogação dos prazos para 2021, para capitais e suas regiões metropolitanas, e até 2024, para municípios com menos de 50 mil habitantes.

O novo marco legal do saneamento, aprovado pelo Congresso em 2020, preconiza a utilização de soluções tecnológicas para a destinação e disposição final dos resíduos sólidos urbanos (RSU). Contudo, a difusão e adoção dessas tecnologias esbarram em divergências de interesses políticos e econômicos, divergência de polaridades política econômica pró meio ambiente que apoiam leis de proteção ambiental mais rigorosas, tecnologias para energias renováveis e por outro lado, as menos favoráveis ao meio ambiente, com correntes que priorizam o crescimento econômico com elasticidade nas leis ambientais, valorizam energias fósseis, não veem como um drástico problema fontes energéticas poluidoras, que frequentemente se sobrepõem ao bem comum Silva, Feitosa e Soares (2022).

Para mais, o novo marco legal do saneamento reflete uma mudança de prioridades, retirando do controle estatal em favor de arranjos mais favoráveis ao mercado e ao capital privado, caracterizando uma disputa de interesses políticos e econômicos sobre a organização do setor conforme argumentam Silva, Feitosa e Soares (2022).

Diante do perfil atual dos RSU no Brasil, torna-se evidente a necessidade de investimentos substanciais e de uma coalizão efetiva entre o poder público e o setor privado. Somente assim será possível alcançar a universalização da destinação adequada dos resíduos sólidos nos próximos anos, conforme apontado por Szigethy e Antenor (2025).

Não obstante, a legislação também contempla os ganhos econômicos. A Política Nacional de Resíduos Sólidos (PNRS) prevê incentivos fiscais, financeiros e creditícios, bem como o repasse de recursos dos Fundos Nacionais do Meio Ambiente e de Desenvolvimento Científico e Tecnológico, visando estimular investimentos na área. Ademais, reconhece os resíduos sólidos urbanos (RSU) como um novo mercado emergente, ao atribuir valor econômico e social aos resíduos reutilizáveis e recicláveis, fomentando a geração de trabalho e renda e promovendo a cidadania (Szigethy e Antenor, 2025).

Destarte, os custos associados à destinação e tratamento dos resíduos sólidos urbanos

(RSU) podem ser atenuados pela perspectiva de retorno financeiro, mediante a consideração das receitas provenientes de seu processamento. A geração de receita também se mostra viável por meio da comercialização de materiais recicláveis, fertilizantes oriundos da compostagem e energia resultante do tratamento térmico e da captação do biogás. Ademais, a implementação de uma gestão eficiente de RSU possui o potencial de gerar um número considerável de empregos, promovendo a formalização de trabalhadores e impulsionando ganhos socioeconômicos para a sociedade (Szigethy e Antenor, 2025).

Em síntese, o cumprimento das determinações estabelecidas pela Política Nacional de Resíduos Sólidos possibilita a transformação do desafio representado pelos materiais descartados em uma solução de cunho econômico e social para o país (Szigethy e Antenor, 2025).

4.2 DA ECONOMIA E EDUCAÇÃO AMBIENTAL

Da questão econômica dos povos, e como se produz em épocas e situações diferentes como a guerra e pós-guerra, formas de governo, formas de uso, desuso e descarte e aproveitamento dos produtos e resíduos são discutidos por Wobeto (2020) que realça o termo “obsolescência programada” surge como uma estratégia mercadológica na década de 1930 e 1940. A ideia é a de que seria mais vantajoso economicamente produzir bens que durassem poucos anos.

Assim, ao ver que os objetos adquiridos, em pouco tempo, são inutilizados, os consumidores os descartariam e comprariam um novo, incentivando o consumo em massa, que se expande nas próximas décadas, e ainda permanece aos dias de hoje. Para mitigar ou sanar em contraposto surge o conceito de Economia Circular que é um conceito e estratégia de sustentabilidade, regeneração e restauração, com o intuito de manter produtos, componentes e materiais em seu mais alto nível de utilidade e valor indefinidamente (Wobeto, 2020).

Para Alvino-Borba; Mata-Lima; Mata-Lima (2012) a questão econômica e a vulnerabilidade social é indissolúvel da questão sócio ambiental e discute em seu trabalho os desafios com abordagem abrangente por meio da integração transversal e simultânea das dimensões sociais e sustentabilidade, sugerindo pesquisas em métodos combinados quantitativos e qualitativos para a compreensão dos fenômenos socioambientais e implementação de programas de sustentabilidade.

4.3 DA IMPORTÂNCIA DO SOFTWARE PARA A INOVAÇÃO TECNOLÓGICA NA GESTÃO DOS RESÍDUOS SÓLIDOS

A utilização da tecnologia como aliada na busca por soluções ambientais apresenta-se, neste trabalho, como uma inovação de caráter disruptivo, especialmente no contexto da logística reversa. Conforme argumenta Markides (2013), a inovação disruptiva pode manifestar-se tanto pela entrada de novos agentes em mercados já existentes, quanto pela criação de novos mercados, ao redefinir práticas consolidadas e propor novas formas de organização econômica e social. Nesse sentido, o desenvolvimento de um software voltado à comunicação entre catadores, recicladores, cooperativas, comerciantes e a população em geral configura-se como uma estratégia inovadora para o enfrentamento dos desafios ambientais contemporâneos.

O software proposto atua como uma ferramenta facilitadora da educação ambiental, ao promover o acesso à informação, a conscientização sobre o descarte adequado de resíduos e a valorização do trabalho dos agentes que compõem a cadeia da reciclagem. Sob a perspectiva da abordagem Ciência, Tecnologia e Sociedade, a tecnologia deve ser compreendida não apenas como um artefato técnico, mas como um elemento socialmente construído, cujos impactos se estendem às dimensões políticas, econômicas e educacionais Luz (2020). Assim, a aplicação de soluções digitais no campo ambiental contribui para o fortalecimento da participação social e para a construção de uma consciência crítica sobre os processos de produção, consumo e descarte.

Além do seu papel educativo, o software contribui para a estruturação de relações econômicas mais eficientes e inclusivas, ao integrar os diferentes elos da cadeia de consumo e descarte, favorecendo práticas associadas à economia circular e à logística reversa. De acordo com Romero e Silva (2024), a articulação entre ciência, tecnologia, sociedade e ambiente é fundamental para a promoção do desenvolvimento sustentável, uma vez que soluções tecnológicas orientadas por princípios socioambientais podem reduzir desigualdades e ampliar o acesso a direitos básicos, como o meio ambiente ecologicamente equilibrado.

Nesse contexto, a tecnologia assume um papel estratégico ao enfrentar um problema que é simultaneamente ambiental, social, educacional e de saúde pública, ao passo que promove a integração entre atores historicamente marginalizados nos processos formais de gestão de resíduos Jacobi e Besen (2011). A adoção de ferramentas digitais voltadas à logística reversa, portanto, não se limita à otimização de processos, mas representa uma inovação social capaz de contribuir para a transformação das práticas de gestão ambiental e para a consolidação de políticas públicas sustentáveis.

4.4 DOS OBJETIVOS DE DESENVOLVIMENTO SUSTENTÁVEL

Durante a Cúpula de Desenvolvimento Sustentável, realizada em 2015, na Assembleia Geral da Organização das Nações Unidas (ONU), os 193 países-membros da organização, incluindo o Brasil, aprovaram a Agenda 2030 para o Desenvolvimento Sustentável, estruturada em 17 Objetivos de Desenvolvimento Sustentável (ODS) e 169 metas globais, com horizonte temporal até o ano de 2030 (ONU, 2015). Essa agenda constitui um marco normativo internacional voltado à integração entre desenvolvimento econômico, justiça social e proteção ambiental.

Os ODS representam um novo paradigma de desenvolvimento, ao reconhecer que problemas como pobreza, degradação ambiental, desigualdade social e crises sanitárias são interdependentes e demandam soluções integradas. Conforme argumenta Sachs (2017), a Agenda 2030 rompe com modelos tradicionais de crescimento econômico ao incorporar explicitamente dimensões sociais e ambientais como condições essenciais para o desenvolvimento sustentável. Nesse sentido, os ODS funcionam como instrumentos orientadores de políticas públicas, iniciativas privadas e projetos tecnológicos voltados ao bem comum.

Dentre os 17 objetivos estabelecidos pela Agenda 2030, oito ODS apresentam relação direta com o presente projeto, que propõe o uso de tecnologia digital aplicada à logística reversa, à educação ambiental e à inclusão socioeconômica de atores historicamente marginalizados aliados ao direito do cidadão de efetuar o descarte correto.

O ODS 3 – Saúde e Bem-Estar destaca a importância de garantir condições de vida saudáveis à população, reconhecendo que a gestão inadequada de resíduos sólidos constitui um fator de risco à saúde pública, especialmente em áreas urbanas vulneráveis. De acordo com Jacobi (2017), práticas inadequadas de descarte e manejo de resíduos impactam diretamente a saúde coletiva, tornando a gestão ambiental uma dimensão essencial das políticas de bem-estar social. O ODS 6 – Água Potável e Saneamento reforça a necessidade de assegurar a gestão sustentável da água e do saneamento, aspecto diretamente relacionado à destinação correta de resíduos e à prevenção da contaminação de solos e corpos hídricos. A universalização do saneamento básico depende, entre outros fatores, de sistemas integrados de gestão ambiental e de tecnologias que ampliem a eficiência e a transparência dos serviços públicos.

O ODS 8 – Trabalho Decente e Crescimento Econômico dialoga com a valorização do trabalho de catadores, recicladores e cooperativas, promovendo a inclusão produtiva e a geração de renda

de forma digna. Iniciativas que articulam tecnologia, economia solidária e políticas públicas contribuem para a construção de modelos econômicos mais inclusivos e sustentáveis.

O ODS 11 – Cidades e Comunidades Sustentáveis enfatiza a necessidade de tornar os espaços urbanos mais inclusivos, resilientes e ambientalmente responsáveis. Nesse contexto, ferramentas digitais voltadas à logística reversa podem fortalecer a governança urbana, ao integrar cidadãos, poder público e agentes econômicos na gestão integrada de resíduos como defendem os autores (Jacobi, 2017).

O ODS 12 – Consumo e Produção Responsáveis constitui um dos eixos centrais do projeto, ao incentivar práticas sustentáveis ao longo de todo o ciclo de vida dos produtos. Segundo Bocken et al. (2019), plataformas digitais desempenham papel estratégico na transição para modelos de economia circular, ao conectar atores, promover rastreabilidade e estimular padrões sustentáveis de consumo e descarte.

O ODS 13 – Ação Contra a Mudança Global do Clima reconhece que a redução de emissões e a mitigação dos impactos climáticos dependem, entre outros fatores, da gestão eficiente de resíduos e da diminuição da destinação inadequada de materiais recicláveis. Sachs (2017) ressalta que políticas climáticas eficazes devem estar articuladas a estratégias de inovação tecnológica e transformação dos sistemas produtivos.

O ODS 15 – Vida Terrestre destaca a necessidade de proteger ecossistemas e combater a degradação ambiental, fortemente associada ao descarte irregular de resíduos sólidos. A logística reversa, nesse contexto, contribui para a redução da pressão sobre recursos naturais e para a preservação dos ecossistemas terrestres.

Por fim, o ODS 17 – Parcerias e Meios de Implementação reforça a importância da cooperação entre governos, setor privado, sociedade civil e comunidades locais. A proposta de um software voltado à integração entre catadores, comerciantes, recicladores e população em geral materializa esse objetivo ao criar uma rede colaborativa de gestão ambiental, alinhada ao que a ONU (2015) define como parcerias multissetoriais para o desenvolvimento sustentável.

Assim, os Objetivos de Desenvolvimento Sustentável configuram-se como um apelo global à ação, orientado à erradicação da pobreza, à proteção do meio ambiente e à promoção de sociedades mais justas e inclusivas. Cidades inteligentes, que promovem o bem estar, sustentabilidade, saúde, qualidade de vida, limpeza, organização, infraestrutura, urbanismo conciliado com arborização, permeabilidade do solo, gestão de fluxos e nascentes de água em convivência harmônica com a vida urbana.

A Agenda 2030 estabelece, portanto, um referencial estratégico que fundamenta e legitima iniciativas tecnológicas voltadas à logística reversa, à educação ambiental e à inovação

social, como a proposta desenvolvida neste projeto.

4.5 DA ECONOMIA E DESAFIOS AMBIENTAIS CONTEMPORÂNEOS

Os grandes acidentes e riscos ambientais contemporâneos têm evidenciado a profunda interdependência entre meio ambiente, economia e organização social. Eventos de grande magnitude, como acidentes nucleares, rompimentos de barragens, derramamentos de petróleo e eventos climáticos extremos, produzem impactos que extrapolam os limites ecológicos, afetando cadeias produtivas, políticas públicas e o bem-estar das populações atingidas. A literatura recente aponta que tais eventos geram custos econômicos elevados, tanto diretos quanto indiretos, comprometendo o desenvolvimento regional e a sustentabilidade de longo prazo (Kahn *et al.*, 2021; IPCC, 2023).

O acidente nuclear de Fukushima Daiichi, ocorrido em 2011 no Japão, permanece como um marco nos estudos sobre riscos tecnológicos e seus efeitos socioeconômicos. Pesquisas recentes indicam que o desastre provocou perdas econômicas significativas, especialmente em setores como agricultura, pesca e turismo, além de impactos prolongados sobre a renda per capita regional e os gastos públicos com descontaminação e compensações sociais Shimada (2024). O caso de Fukushima também influenciou decisões estratégicas na matriz energética japonesa e internacional, evidenciando como acidentes ambientais podem redefinir políticas econômicas e energéticas em escala global (OECD, 2022).

No contexto brasileiro, os rompimentos das barragens de rejeitos em Mariana (2015) e Brumadinho (2019), evidenciam uma tragédia com centenas de perdas de vidas humanas, 2 cidades e o Rio Doce devastados. Reforçando a gravidade dos riscos ambientais associados a atividades econômicas intensivas em recursos naturais. Esses desastres resultaram em degradação severa de ecossistemas, contaminação de recursos hídricos e perdas socioeconômicas expressivas, incluindo impactos sobre o emprego, a saúde pública e a segurança alimentar das populações atingidas. Eventos como esses revelam fragilidades nos modelos de governança ambiental e na regulação de atividades de alto risco (Freitas *et al.*, 2019).

Além dos acidentes industriais, os eventos climáticos extremos associados às mudanças climáticas configuram um dos principais riscos ambientais da atualidade. Relatórios recentes indicam aumento na frequência e intensidade de ondas de calor, enchentes e secas severas, com prejuízos econômicos globais estimados em bilhões de dólares anuais (IPCC, 2023; WMO,

2024). Tais eventos afetam infraestruturas urbanas, sistemas produtivos e cadeias de abastecimento, ampliando desigualdades sociais e pressionando economias locais e nacionais, sobretudo em regiões mais vulneráveis.

Diante desse cenário, a Carta Encíclica *Laudato si'*, do Papa Francisco, oferece uma abordagem ética e sistêmica ao relacionar a crise ambiental aos modelos econômicos predominantes. O documento defende que a degradação ambiental está intrinsecamente ligada a práticas econômicas insustentáveis e à lógica do consumo excessivo, propondo o conceito de ecologia integral, no qual meio ambiente, economia e justiça social são dimensões indissociáveis, Francisco (2015). A encíclica permanece amplamente citada na literatura científica contemporânea por sua relevância conceitual e normativa reverberando sua influência no convite que fez o Papa aos governos, cientistas, empresários, educadores e toda a sociedade para construção e preservação do que ele chamou de A Casa Comum.

4.6 DA HISTÓRIA DA URBANIZAÇÃO CONTEMPORÂNEA DAS CIDADES BRASILEIRAS

O processo de urbanização das cidades brasileiras, especialmente a partir do final do século XIX e ao longo do século XX, foi marcado por uma lógica de ocupação do território que, em grande medida, ignorou ou subordinou os elementos naturais — como rios, córregos, várzeas e áreas verdes — aos interesses do crescimento urbano e da especulação imobiliária, Rolnik (2015). Tal modelo, fortemente influenciado por ideais higienistas, sanitaristas e desenvolvimentistas, consolidou-se como padrão hegemônico de planejamento urbano no país (Maricato, 2011).

No contexto da modernização urbana, rios e cursos d'água passaram a ser percebidos não como elementos estruturantes da paisagem e da vida urbana, mas como obstáculos ao crescimento econômico e à expansão dos loteamentos. Conforme aponta Abreu (2013), a urbanização brasileira historicamente promoveu a canalização, retificação e ocultação dos rios, transformando-os em infraestruturas invisíveis, frequentemente associadas à insalubridade e à degradação ambiental.

Esse processo foi intensificado pela atuação de interesses econômicos ligados ao mercado imobiliário, à engenharia urbana e às incorporadoras, que exerceram forte influência sobre o poder público. Maricato (2011) destaca que a produção do espaço urbano no Brasil ocorreu sob forte desigualdade socioespacial, na qual decisões técnicas e políticas favoreceram a valorização fundiária em detrimento da preservação ambiental e da função social da cidade.

O ideário sanitarista das primeiras décadas do século XX também desempenhou papel

central nesse processo. Segundo Hochman (2012), a associação entre áreas verdes, corpos d'água e a proliferação de doenças levou à difusão da concepção de que “o mato é lugar de mosquito”, legitimando a supressão de vegetação ciliar, a drenagem de áreas alagáveis e a impermeabilização do solo urbano. Essa visão reducionista da relação entre natureza e saúde pública contribuiu para a eliminação de espaços naturais fundamentais ao equilíbrio ambiental das cidades.

Como consequência desse modelo de urbanização, consolidaram-se cidades altamente impermeabilizadas, com sistemas hídricos artificializados e frágeis. Tucci (2017) ressalta que a ocupação de várzeas e a canalização de rios ampliaram significativamente a vulnerabilidade urbana a eventos extremos, resultando em enchentes recorrentes, perdas materiais, riscos à saúde pública e degradação da qualidade da água. Assim, problemas como inundações, poluição dos corpos hídricos e escassez sazonal de água potável são efeitos diretos de escolhas históricas de planejamento urbano.

O documentário *Entre Rios* Ferraz; Abreu; Scarpelini (2009) ilustra esse processo ao analisar o caso da cidade de São Paulo, referência de desenvolvimento urbano no país, evidenciando como rios antes navegáveis, como o Tamanduateí, foram progressivamente canalizados e soterrados. Estado de São Paulo (2019). Situação semelhante pode ser observada em diversas cidades brasileiras de médio porte, como Uberaba (MG), onde o rio Uberaba teve trechos descaracterizados em função da expansão urbana e da priorização do sistema viário.

Dessa forma, a urbanização brasileira revela um padrão histórico de desconexão entre cidade e natureza, cujos impactos ambientais, sociais e econômicos persistem na contemporaneidade. A revisão crítica desse modelo torna-se fundamental para o desenvolvimento de políticas públicas e soluções tecnológicas que promovam a revalorização dos rios urbanos, das áreas verdes e da gestão sustentável do território.

5 METODOLOGIA

A metodologia dessa pesquisa foi delineada, justificada e descritas nos itens 5.1 ao 5.7.

5.1 DELINEAMENTO METODOLÓGICO DA PESQUISA

A presente pesquisa caracteriza-se como exploratória, aplicada e de abordagem qualitativa, com complementação quantitativa. Trata-se de um estudo aplicado, uma vez que se orienta à proposição, desenvolvimento e testagem de um produto tecnológico — um protótipo de software — voltado à educação ambiental, à economia circular e à logística reversa, atendendo às diretrizes do mestrado profissional, cujo foco recai sobre a resolução de problemas concretos e a geração de soluções com potencial de aplicação social e institucional (Creswell; Creswell, 2023).

A pesquisa possui caráter exploratório, pois busca aprofundar a compreensão de um fenômeno ainda pouco sistematizado no contexto local — a mediação informacional digital entre população, Pontos de Entrega Voluntária (PEVs) e agentes da cadeia da reciclagem — permitindo identificar práticas, lacunas, percepções e desafios relacionados à logística reversa no município de Uberaba (MG) (Gil, 2019).

Adota-se predominantemente a abordagem qualitativa, por compreender que o objeto investigado envolve dimensões simbólicas, culturais, educacionais e sociais que não podem ser plenamente captadas por métodos exclusivamente quantitativos. Conforme Minayo (2021), a pesquisa qualitativa possibilita apreender os significados atribuídos pelos sujeitos às suas práticas e experiências cotidianas, sendo adequada para estudos socioambientais mediados por tecnologia.

5.2 JUSTIFICATIVA DA ABORDAGEM ETNOGRÁFICA

Como estratégia metodológica central, utiliza-se a pesquisa etnográfica, entendida como método capaz de analisar práticas sociais, comportamentos, valores, discursos e formas de interação produzidas em contextos específicos. No âmbito do mestrado profissional, a etnografia mostra-se particularmente pertinente por permitir a imersão do pesquisador no campo, favorecendo a construção de soluções tecnológicas contextualizadas e alinhadas às necessidades reais dos atores envolvidos (Angrosino e Flick, 2009).

A escolha da etnografia justifica-se pela necessidade de compreender como catadores, cooperativas, gestores de PEVs e usuários percebem, utilizam e se relacionam com os sistemas

de descarte e com as informações disponíveis sobre logística reversa. Essa aproximação possibilita que o desenvolvimento do software não se limite a uma solução tecnicista, mas incorpore dimensões culturais, educacionais e socioeconômicas observadas no cotidiano do campo empírico, aspecto fundamental em pesquisas aplicadas de natureza profissional (Creswell; Creswell, 2023).

5.3 DO CONTEXTO E LOCAL DA PESQUISA

A pesquisa foi realizada no município de Uberaba, localizado no Triângulo Mineiro, estado de Minas Gerais. O município apresenta economia diversificada e posição geográfica estratégica, situando-se a aproximadamente 500 km das capitais São Paulo, Belo Horizonte, Goiânia e Brasília, com acesso por rodovias estaduais e federais. Seu desenvolvimento socioeconômico está diretamente relacionado ao fluxo regional de pessoas, mercadorias e serviços

O município apresenta um sistema hidrológico inserido principalmente nas bacias hidrográficas dos rios Grande e Paranaíba, importantes formadores da bacia do rio Paraná. A rede hidrográfica local é composta por diversos cursos d'água, destacando-se os rios Uberaba e Uberabinha, além de outros como Araguari, Tijuco, Claro e Estiva, que exercem papel relevante na drenagem regional.

5.4 DA PRODUÇÃO DOS DADOS EMPÍRICOS

A pesquisa etnográfica foi desenvolvida em quatro Pontos de Entrega Voluntária (PEVs), relacionados a seguir, localizados em diferentes bairros do município de Uberaba (MG), selecionados por já atuarem com coleta seletiva e logística reversa e por manifestarem concordância prévia em participar do estudo.

A produção dos dados ocorreu por meio de:

- observação direta em campo;
- entrevistas com responsáveis e voluntários dos PEVs;
- aplicação de questionários estruturados a usuários e gestores.

Participaram da pesquisa exclusivamente indivíduos maiores de 18 anos, de forma voluntária, mediante assinatura do Termo de Assentimento Livre e Esclarecido. Todas as etapas foram iniciadas apenas após aprovação pelo Comitê de Ética em Pesquisa (CEP), respeitando

os princípios éticos da pesquisa com seres humanos.

- Mercearia Guanabara – Av. Dr. Hélio Luís da Costa, 1140, Conjunto Guanabara, Uberaba – MG, CEP 38080-550;
- Pantanal Coleta e Reciclagem de Óleo – Rua Calixto Cecílio, nº 104, Conquistinha, Uberaba – MG, CEP 38037-542;
- Cooperativa dos Recolhedores Autônomos de Resíduos Sólidos e Materiais Recicláveis de Uberaba (COOPERU) – Rua Francisco Podboy, 2055, Uberaba – MG, CEP 38056-640;
- Instituto Educar Para Transformar (IEPET) – Rua Marquês do Paraná, 833, Bairro Estados Unidos, Uberaba – MG, CEP 38065-220.

A pesquisa foi aplicada de julho a dezembro de 2025. Utilizou-se a ferramenta Google Formulários para a elaboração e aplicação do questionário eletrônico. As respostas obtidas foram automaticamente registradas em planilha, sendo posteriormente submetidas a procedimentos de tratamento e organização dos dados, com a transformação das variáveis qualitativas em valores numéricos para viabilizar a análise estatística.

5.5 CRITÉRIOS DE ANÁLISE DOS DADOS QUALITATIVOS

Os dados qualitativos foram analisados a partir de uma temática de conteúdo, conforme orientações de Flick (2019) e Minayo (2021), seguindo as seguintes etapas:

1. Transcrição e organização dos dados provenientes das entrevistas, questionários abertos e registros de observação;
2. Leitura flutuante, com o objetivo de apreender o sentido geral do material empírico;
3. Codificação temática, identificando unidades de significado relacionadas à:
 - acesso à informação sobre PEVs;

- práticas de descarte e segregação;
 - percepção sobre logística reversa;
 - barreiras informacionais e tecnológicas;
4. Agrupamento em categorias analíticas, construídas de forma indutiva;
 5. Interpretação dos dados, articulando os achados empíricos com o referencial teórico da educação ambiental, economia circular, PNRS e abordagem CTS.

Os dados quantitativos oriundos dos questionários foram utilizados de forma complementar, com função descritiva e diagnóstica, não tendo caráter inferencial.

5.6 DESENVOLVIMENTO DO PROTÓTIPO DE SOFTWARE

O estudo contempla o desenvolvimento de um protótipo de software informativo e educativo, de caráter colaborativo, voltado à divulgação, atualização e validação de informações sobre os PEVs. O sistema foi concebido como ferramenta de mediação informacional, alinhada aos princípios da economia circular, da logística reversa e dos Objetivos de Desenvolvimento Sustentável (ODS – Agenda 2030).

Na fase inicial, o protótipo foi desenvolvido utilizando tecnologias abertas e gratuitas, tais como HTML, CSS e JavaScript, além do serviço open source FormSubmit para coleta de formulários. A aplicação foi testada em caráter piloto no município de Uberaba (MG), sem fins comerciais nesta etapa da pesquisa.

Considerando que o projeto não obteve patrocínio nem financiamentos decidimos nessa primeira versão do protótipo utilizar tecnologias, linguagens e serviços gratuitos. Tendo como custos atuais o serviço de hospedagem, a contratação de domínio de internet ambos da empresa *HostGator* com valor anual aproximado de R\$ 300,00. Esses valores possuem como referência os custos praticados em março de 2025, mais 2 nooteboks, e 2 serviços de internet.

5.7 FLUXOGRAMA METODOLÓGICO DA PESQUISA

Inicialmente, realizou-se levantamento e análise de literatura científica, documentos legais e normativos relacionados à Política Nacional de Resíduos Sólidos, aos Objetivos de

Desenvolvimento Sustentável, à logística reversa e à abordagem Ciência, Tecnologia e Sociedade, com o objetivo de fundamentar teoricamente o estudo. Em seguida, procedeu-se pesquisa de anterioridade tecnológica com investigação de soluções digitais existentes (sites, aplicativos e plataformas) voltadas à gestão de resíduos sólidos e logística reversa, a fim de identificar lacunas, potencialidades e elementos inovadores para o desenvolvimento do software proposto. Depois foi delimitado o campo empírico da pesquisa, selecionando-se os PEVs do município de Uberaba e seus repetitivos usuários, considerando principalmente o interesse desses PEVs já consolidados em participar, bem como critérios de acessibilidade, funcionamento e relevância para o sistema local de logística reversa.

Atendendo às exigências éticas, o projeto foi submetido ao Comitê de Ética em Pesquisa, assegurando a proteção dos participantes e a conformidade com as normas vigentes para pesquisas envolvendo seres humanos. Após a aprovação a coleta de dados foi realizada por meio de abordagem etnográfica, utilizando técnicas de observação direta, aplicação de entrevistas semiestruturadas e questionários junto aos responsáveis pelos PEVs e aos usuários, buscando compreender práticas, percepções e dificuldades relacionadas ao descarte correto de resíduos. Os dados coletados foram sistematizados e analisados qualitativamente, de forma interpretativa, permitindo a identificação de padrões, demandas informacionais e desafios operacionais associados à logística reversa no contexto local.

O site já havia sido criado para a qualificação do projeto, com informações de local, mapa, horário, material que recebe dos PEVs e Ecopontos. Todavia com a finalização da pesquisa e com base nos resultados da análise dos dados e nas demandas identificadas, foi refinado o site como ferramenta tecnológica de apoio à educação ambiental à logística reversa e economia circular, voltado à orientação sobre o descarte correto e à localização dos PEVs. O protótipo foi apresentado e demonstrado em caráter piloto nos PEVs participantes, possibilitando sua utilização em contexto real e a observação de seu funcionamento prático.

Por fim, os resultados obtidos foram organizados, analisados à luz da PNRS, dos ODS e da economia circular, e divulgados em formato acadêmico e institucional, contribuindo para o debate sobre inovação tecnológica aplicada à gestão de resíduos sólidos.

6 RESULTADOS E DISCUSSÃO

A análise dos dados quantitativos e qualitativos evidencia que os Pontos de Entrega Voluntária (PEVs) exercem papel estratégico na implementação da Política Nacional de Resíduos Sólidos (PNRS), especialmente no que se refere à responsabilidade compartilhada pelo ciclo de vida dos produtos, à logística reversa e ao estímulo à economia circular (BRASIL, 2010). Os resultados também dialogam diretamente com os Objetivos de Desenvolvimento Sustentável — em especial o ODS 12 (Consumo e Produção Responsáveis), o ODS 11 (Cidades Sustentáveis) e o ODS 13 (Ação Climática) — ao evidenciar práticas, desafios e oportunidades para o aprimoramento da governança ambiental urbana.

6.1 DA GESTÃO DOS PEVS E DESTINAÇÃO DOS RESÍDUOS

Conforme apresentado no Quadro 2, os responsáveis pelos PEVs relataram o recebimento de resíduos variados, incluindo óleo de fritura usado, componentes eletroeletrônicos, metais, vidro, eletrodomésticos, plásticos, papeis, papelão, latas e embalagens multicamadas. Essa diversidade reforça o papel dos PEVs como infra estruturas-chave da logística reversa, capazes de reinserir materiais em cadeias produtivas, conforme defendido por Leite (2017) e alinhado aos princípios da economia circular (Pauli, 2013).

Os destinos informados às indústrias recicladoras, cooperativas, associações especializadas e reaproveitamento industrial evidenciam que os PEVs operam como elos intermediários entre consumidores, catadores, cooperativas e setor produtivo, promovendo a redução da disposição final em aterros e a valorização de resíduos como recursos econômicos. Contudo, a expressiva variação na capacidade de armazenamento — de 1 m³ a 160 toneladas/mês — revela assimetria estrutural e ausência de padronização operacional, o que pode comprometer a eficiência logística e a regularidade dos fluxos reversos (Medina, 2007).

Essa variação é devido a natureza da PEV, uma é integrada a cooperativa de catadores a que tem maior espaço, outra é um cômodo cedido por uma mercearia de bairro. Sendo essas PEVs de iniciativa social e sem fins lucrativos, contando com o apoio voluntário do estabelecimento.

6.2 DOS ENTRAVES ESTRUTURAIS E INSTITUCIONAIS

As dificuldades relatadas pelos gestores dos PEVs indicam que os principais entraves à

logística reversa concentram-se em falhas de governança pública, comunicação institucional e apoio logístico. A ausência de um canal público unificado de informação, a baixa fiscalização, os custos de transporte e a insuficiência de incentivos governamentais revelam descompassos entre a legislação e sua execução prática. Enquanto os usuários queixaram-se da falta da coleta seletiva como serviço público municipal. O que seria uma governança ambiental multinível discutida por Jacobi (2017).

Esses resultados reforçam críticas recorrentes à implementação da PNRS, sobretudo no que se refere à integração entre entes públicos, setor privado e sociedade civil. A falta de articulação institucional compromete a efetividade do sistema e limita o avanço rumo a um modelo de economia circular territorialmente estruturado (OECD, 2022; ONU, 2023).

6.3 DO ACESSO, INFORMAÇÃO E COMPORTAMENTO DOS USUÁRIOS

Os dados da Tabela 1 indicam que a principal forma de conhecimento dos PEVs ocorre por amigos e familiares (27,4%), seguida por internet (20,2%) e instituições educacionais 14,5%. A baixa incidência de divulgação oficial evidencia fragilidade nas estratégias públicas de comunicação ambiental, aspecto já identificado na literatura recente como um fator limitante para a adesão social à coleta seletiva (Dias *et al.*, 2022).

A motivação para o uso dos PEVs (Tabela 2) é predominantemente associada à cultura de educação ambiental (45,5%) e a busca por descarte adequado (43,6%), demonstrando que valores internalizados e consciência socioambiental exercem papel mais relevante do que fatores coercitivos. Esses dados reforçam a literatura que aponta a educação ambiental como vetor central para mudanças comportamentais sustentáveis (Guimarães, 2020; Jacobi, 2017).

6.4 DO PERFIL DOS RESÍDUOS DESCARTADOS E IMPLICAÇÕES PARA A ECONOMIA CIRCULAR

Conforme a Tabela 3, os resíduos mais frequentemente descartados nos PEVs foram plásticos (24,8%) e eletroeletrônicos, pilhas, baterias e lâmpadas (23,2%). Esses resultados refletem tendências contemporâneas de aumento do consumo de bens duráveis e descartáveis, além de confirmarem a relevância crescente da logística reversa de resíduos eletroeletrônicos após sua regulamentação (Vargas; Campos; Luna, 2023).

A expressiva presença de materiais com alto potencial de reciclagem indica oportunidades concretas para fortalecimento da economia circular, desde que haja ampliação de infraestrutura,

estímulo ao mercado de recicláveis e integração com cooperativas e indústrias (Bruhn *et al.*, 2023).

6.5 DAS DEMANDA SOCIAL POR FERRAMENTAS INFORMATIVAS

Os resultados da Tabela 4 demonstram aceitação quase unânime (99,2%) quanto à utilidade de uma ferramenta digital que informe localização, funcionamento e tipos de resíduos aceitos nos PEVs. Esse dado confirma que o déficit informacional constitui um dos principais gargalos operacionais da logística reversa, mesmo quando a infraestrutura física existe (Abrema, 2024; Reis; Barreto; Capelari, 2023).

A elevada demanda por soluções digitais reforça a importância da inovação tecnológica como instrumento de governança ambiental, ampliando transparência, acessibilidade e participação cidadã — elementos essenciais para o cumprimento da PNRS e dos ODS.

6.6 DA MOBILIDADE, DISTÂNCIA E FREQUÊNCIA DE USO

Os resultados das Tabelas 5 e 6 indicam que (74,8%) dos usuários depende de transporte para acessar os PEVs, ainda que resida a até 5 km de distância. Conforme relatos dos participantes o uso de veículo está relacionado a comodidade para levar o volume dos recicláveis. Embora a proximidade favoreça o engajamento, a dependência de deslocamento evidencia barreiras territoriais e desigualdades no acesso à infraestrutura ambiental, aspecto amplamente discutido na literatura urbana sustentável (Jacobi, 2017; Bruhn *et al.*, 2023).

Compreende-se também que o usuário prefere ou tem condições de descartar em locais mais próximos de casa.

A frequência de descarte (Tabela 7) concentra-se no padrão mensal ou condicionado ao acúmulo domiciliar, sugerindo tal comportamento reflete fatores logísticos domésticos, disponibilidade de tempo, de espaço e volume para armazenamento e mesmo percepção de conveniência.

6.7 DAS PRINCIPAIS DIFICULDADES DA LOGÍSTICA REVERSA

A Tabela 8 confirma que os maiores entraves à logística reversa concentram-se em logística em rede, divulgação ineficiente, baixa conscientização ambiental, escassez de pontos de coleta e ausência de sistemas estruturados de coleta seletiva. Esses achados corroboram Leite (2017), que destaca a fragmentação institucional e a insuficiência de infraestrutura como

gargalos centrais da política pública.

Os dados reforçam que a superação desses desafios exige integração multisetorial, investimento público contínuo, fortalecimento das cooperativas, dos PEVs e educação ambiental sistemática, sob pena de comprometer os objetivos da PNRS e da economia circular.

6.8 DAS LIMITAÇÕES DO ESTUDO E CONSIDERAÇÕES METODOLÓGICAS

Embora a pesquisa tenha sido planejada com margem de erro máxima de 5% e nível de confiança de 95%, algumas questões apresentaram variação superior ao previsto em função do tamanho amostral e da resposta parcial de alguns participantes.

Além disso, a investigação adotou abordagem qualitativa e etnográfica, permitindo interpretar não apenas dados numéricos, mas também práticas sociais, valores, significados culturais e percepções comunitárias relacionadas à gestão de resíduos sólidos Angrosino e Flick, 2009. Dessa forma, os resultados mantêm robustez exploratória e diagnóstica, sendo adequados para subsidiar políticas públicas locais e investigações futuras (Gil, 2019).

Quadro 2 - Resultados das entrevistas do questionário direcionado aos responsáveis dos PEV

1 Qual(ais) resíduo(s) sólido(s) você(s) recebe(m)? 4 pessoas responderam:

- Óleo de fritura usado
- Componentes de informática
- Metais, vidro, eletrodoméstico, plástico, papeis, papelão.
- Plástico, papelão, latas, tetra pack e outros.

2 Para onde destina? 4 pessoas responderam:

- Fábrica de sabão, fábrica de adubo, fábrica biodiesel, olaria de tijolo
- Coletor da Associação Brasileira de Eletro Eletrônicos.
- Cooperu
- Diversas indústrias recicladoras

3 Qual capacidade de armazenagem em metros quadrados? (média). 4 pessoas responderam:

Média de 15 mil litros

1m2

160 tonelada mês

40m2

Total = 4 pessoas

5 Na sua opinião qual a maior dificuldade para logística reversa e reciclagem de forma geral? 4 pessoas responderam:

- Conscientização ambiental, parceria com órgãos públicos e empresas privada, para divulgar a forma correta para armazenar e destinar corretamente os resíduos em geral
- Divulgação dos pontos de entrega;
- Coesão: informações desconstruídas dos órgãos municipais.

A prefeitura deveria ter um órgão, telefone, canal capaz de informar e tirar dúvidas sobre todos os tipos de resíduos. Cada resíduo é um setor ou secretaria que trata, o que confunde na hora de descartar e talvez por isso as pessoas descartem de forma incorreta.

Falta de apoio do setor público que deveria compreender que é uma prestação de serviço a população e ao município com diversos benefícios, e um deles é o cumprimento da lei da Política Nacional de Resíduos Sólidos.

- O custo do transporte para logística reversa; Indiferença dos órgãos públicos; Falta de fiscalização pública e agentes que possam primeiramente educar e depois se reincidente autuar empresas e munícipes que façam o descarte incorretos.

Fonte: elaboração própria, 2025.

Tabela 1 - Demonstra os resultados da questão número 1 direcionada ao público usuário dos PEV

Questão 1: como conheceu o ponto de entrega voluntário?

Resposta	Número	Percentual (%)

Amigos, parentes, colegas, ciclo social	34	27,4%
Internet	25	20,2%
Associação de bairro / condomínio	20	16,1%
Faculdade, escola, curso	18	14,5%
Televisão	9	7,3%
Jornais	6	4,8%
Rádio	2	1,6%
Informativos da prefeitura	4	3,2%
Outros (não especificado)	6	4,8%
Total	124	

Fonte: elaboração própria, 2025.

A Tabela 2 apresenta os resultados da questão 2 - Qual o motivo de buscar o pev para descartar? Destinado aos usuários da PEV.

Tabela 2 - Motivos de buscar o PEV para descarte

Resposta	Número	Percentual (%)
Cultura de educação ambiental	46	45.5
Busca pelo local adequado de descarte	44	43.6
Para não ser punido	2	2.0
Outro	9	8.9
Total	101	

Fonte: elaboração própria, 2025.

A Tabela 3 representa as respostas a questão 3:

Tabela 3 - O que mais costuma descartar na PEV?

Resíduo	Quantidade (pessoas)	Percentual (%)
Tetra Pak (caixa de leite, suco)	17	13,6
Plástico	31	24,8
Lata de alumínio	15	12,0
Papel e papelão	17	13,6

Vidro	7	5,6
Eletrônicos, pilhas, baterias e lâmpadas	29	23,2
Outros	9	7,2
Total	125	

Fonte: elaboração própria, 2025.

A Tabela 4 demonstra resultados da pesquisa com a seguinte pergunta: ferramenta que informe onde se encontra e como funciona os pev e qual tipo de resíduo sólido ele recebe, lhe seria útil?

Tabela - 4 Utilidade de uma ferramenta informativa sobre PEV

Resposta	Quantidade (pessoas)	Percentual (%)
Sim	124	99,2
Não	1	0,8
Total	125	

Fonte: elaboração própria, 2025.

A Tabela 5 demonstra as respostas a questão 5 - Se o usuário utiliza algum meio de transporte até ao PEV.

Tabela 5 – Utilização de transporte para acesso ao PEV.

Resposta	Quantidade (pessoas)	Percentual (%)
----------	----------------------	----------------

Sim	86	74,8
Não	29	25,2
Total	115	

Fonte: elaboração própria, 2025.

A Tabela 6 apresenta a resposta a questão 6 aos usuários do PEV.

Tabela 6 – Distância entre a residência e o PEV mais utilizado

Distância até o PEV	Quantidade (pessoas)	Percentual (%)
Até 2 km	62	53,9
Até 5 km	41	35,7
Mais de 5 km	10	8,7
Mais de 10 km	2	1,7
Total	115	

Fonte: elaboração própria, 2025.

A Tabela 7 apresenta a resposta a questão 7 aos usuários do PEV.

Tabela 7 - Qual a frequência de descarte de resíduos (PEV).

Categoria	Frequência absoluta
------------------	----------------------------

Diariamente	5
Semanalmente	10
Mensalmente	53
Bimestralmente	3
Depende da quantidade/armazenamento	46
Total	117

Fonte: elaboração própria, 2025.

A Tabela 8 evidencia as respostas em percentual da questão 8.

Tabela – Questão 8 - Quais dificuldades da logística reversa e reciclagem o usuário enfrenta.

Dificuldade identificada	Frequência	Percentual (%)
Logística em rede (transporte, armazenamento, envio)	20	16,26
Divulgação ineficiente dos pontos de coleta	19	15,45
Falta de conscientização e educação ambiental	19	15,45
Poucos pontos de coleta	17	13,82

Falta de sistema de coleta seletiva	15	12,20
Falta de incentivo governamental	12	9,76
Infraestrutura/armazenagem na residência e PEV	4	3,25
Regulamentação insuficiente	4	3,25
Custo da operação	3	2,44
Falta de tecnologia	1	0,81
Mercado de reciclagem	1	0,81
Acúmulo de resíduos na residência	1	0,81
Total	123	

Fonte: elaboração própria, 2025.

6.9 DA DISPONIBILIZAÇÃO DO SITE

O software implantado por esta pesquisa de mestrado oferece serviço de informação sobre PEVs, ecopontos bem como mapa com localização, horário de funcionamento e quais resíduos recolhem.

Está disponível em: <https://toalhaverde.com.br/>

E consta registrado na Biblioteca Nacional sob protocolo número: 000984.0357084/2025, em 15 out. 2025.

7 CONCLUSÃO

Conclui-se que a temática abordada envolve múltiplas dimensões, abrangendo aspectos culturais, educacionais, econômicos e históricos. No âmbito empírico, realizou-se o mapeamento de doze Pontos de Entrega Voluntária (PEVs) na cidade de Uberaba, dos quais quatro concordaram em participar da pesquisa de forma voluntária. Ademais, desenvolveu-se uma vivência etnográfica, pautada na escuta ativa de usuários, gestores, catadores e comerciantes.

Os resultados evidenciaram a existência de uma relação direta entre educação ambiental, disponibilidade de infraestrutura adequada e adesão da população ao descarte correto de resíduos. Por outro lado, constatou-se a ausência de governança estruturada e de políticas públicas efetivas, especialmente no que se refere à implementação de sistemas de coleta seletiva sistematizada.

No que tange ao produto tecnológico gerado, consiste em um software que reúne informações sobre os PEVs, tais como localização georreferenciada, horários de funcionamento e tipos de materiais recebidos, o qual foi devidamente protocolado junto à Biblioteca Nacional.

O presente estudo contribui para o Programa de Mestrado em Inovações e Tecnologias da UFTM ao articular ciência, tecnologia, inovação, educação ambiental e economia circular. Ademais, ao abordar uma problemática social relevante, promove reflexões e aponta possibilidades de mitigação, inserindo a temática no contexto das crises ambientais globais e da urgência de ações locais alinhadas à PNRS, ao conceito de cidades sustentáveis e aos ODS.

Por fim, reforça-se a necessidade de fortalecimento de políticas públicas, de apoio institucional contínuo e de valorização dos atores sociais envolvidos. Recomenda-se, ainda, a ampliação da pesquisa, com aprofundamento longitudinal, bem como o aprimoramento do produto tecnológico desenvolvido. Ressalta-se que a pesquisa foi realizada com recursos próprios, sendo imprescindível a captação de investimentos e financiamentos para garantir a eficiência, a segurança dos usuários e a adequada divulgação e implementação do software, aspectos que, até o presente momento, não contaram com aporte financeiro externo.

EPÍLOGO

O produto tecnológico desenvolvido neste trabalho representa mais do que uma ferramenta informacional: configura-se como um convite à corresponsabilidade, à educação ambiental contínua e ao fortalecimento da cidadania ambiental. Que este estudo não se encerre em suas páginas, mas inspire novas pesquisas, políticas públicas e ações coletivas comprometidas com a sustentabilidade, a justiça socioambiental e o futuro comum.

REFERÊNCIAS

ABREU, M. **A cidade, a montanha e a floresta**. Rio de Janeiro: FAPERJ, 2013.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE RESÍDUOS E MEIO AMBIENTE – ABREMA. **Panorama dos Resíduos Sólidos no Brasil 2024**. São Paulo: ABREMA, 2024. Disponível em: <https://abrema.org.br>. Acesso em: 5 mar. 2025.

AGÊNCIA BRASILEIRA DE DESENVOLVIMENTO INDUSTRIAL. **ABDI e Abiplast lançam plataforma Recircula Brasil**. Brasília, DF: ABDI, 2024. Disponível em: <https://www.abdi.com.br/abdi-e-abiplast-lancam-plataforma-recircula-brasil-nesta-sexta-feira-26/> Acesso em: 20 nov. 2024.

ALVINO-BORBA, A.; MATA-LIMA, A.; MATA-LIMA, H. Desafios ambientais e estratégias para condução da investigação e programas de intervenção social. **Revista Ambiente e Sociedade**, São Paulo, v. 15, n. 1, 2012. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/asoc/a/MLfVmQc7J3RKYwzMtnJZ3Ns/?lang=pt>. Acesso em: 20 nov. 2024.

ANGROSINO, M.; FLICK, U. **Etnografia e observação participante**. Tradução por José Fonseca. Penso: Porto Alegre, RS, 2009.

ATAÍDES, F. B.; OLIVEIRA, G. S. de; SILVA, A. A. de F. A etnografia: uma perspectiva metodológica de investigação qualitativa. **Cadernos da Fucamp**, Monte Carmelo, MG, v. 20, n. 48, p. 133-147, 2021. Disponível em: <https://revistas.fucamp.edu.br/index.php/cadernos/article/view/2601>. Acesso em: 2 dez. 2024.

BOEHM, C. Geração de lixo no mundo pode chegar a 3,8 bilhões de toneladas em 2050. **Agência Brasil**, São Paulo, 28 fev. 2024. Disponível em: <https://agenciabrasil.ebc.com.br/economia/noticia/2024-02/geracao-de-lixo-no-mundo-pode-chegar-38-bi-de-toneladas-em-2050#:~:text=Economia-,Gera%C3%A7%C3%A3o%20de%20lixo%20no%20mundo%20pode%20chegar%20a%203,bi%20de%20toneladas%20em%202050&text=Caso%20n%C3%A3o%20haja%20mudan%C3%A7a%20nos,ano%20para%203%2C8%20bilh%C3%B5es>. Acesso em: 5 fev. 2025.

BRASIL. **Lei nº 12.305, de 2 de agosto de 2010**. Institui a Política Nacional de Resíduos Sólidos. Diário Oficial da União, Brasília, DF, 3 ago. 2010. https://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2007-2010/2010/lei/112305.htm

BRASIL. Ministério do Meio Ambiente e Mudança do Clima. **Declaração final do G20 reforça compromisso com a sustentabilidade ambiental e climática**. Brasília, DF: Gov.br, 2024a. Disponível em: <https://www.gov.br/mma/pt-br/assuntos/noticias/declaracao-final-do-g20-reforca-compromisso-com-a-sustentabilidade-ambiental-e-climatica>. Acesso em: 02 dez. 2024.

BRASIL. Ministério do Meio Ambiente e Mudança do Clima. **Comitê Internacional sobre Mudança Climática**. Brasília, DF: 2024b. Disponível em: <https://www.gov.br/mma/pt-br/composicao/smc/dgov/cim>. Acesso em: 9 dez. 2024.

BRUHN, N. C. P.; Viglioni, M. T. D.; NUNES, R. F. *et al.* Recyclable waste in Brazilian municipalities: a spatial-temporal analysis before and after the national policy on solid waste.

Journal of Cleaner Production, 421, 138503. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0959652623026616>. Acesso em: 9 nov. 2025.

CAMARA DE DESENVOLVIMENTO E NEGÓCIOS BRASIL–CHINA (Brasil). **O projeto de central de tratamento de resíduos urbanos**. [S.l]: CDNBC, 2018. Disponível em: <https://cdnbc.com.br/central-tratamento-de-residuos>. Acesso em: 5 jan. 2025.

CELLARD, A. A análise documental. In: POUPART, Jean *et al.* **A pesquisa qualitativa: enfoques epistemológicos e metodológicos**. Petrópolis, RJ: Vozes, 2008. p. 295–316.

CONFERÊNCIA DAS NAÇÕES UNIDAS SOBRE O MEIO AMBIENTE HUMANO. **Declaração de Estocolmo**. Estocolmo: ONU, 1972. Disponível em: <https://www.un.org/en/conferences/environment/stockholm1972> acesso em: 2 dez. 2024.

CRESWELL, J.; CRESWELL, D. **Projeto de pesquisa: métodos qualitativo, quantitativo e misto**. 5. ed. Porto Alegre: Penso, 2023.

DIAS, R. *et al.* Políticas públicas ambientais e comunicação: desafios para a participação social. **Revista Desenvolvimento e Meio Ambiente**, Curitiba, v. 61, p. 231-249, 2022.

FERRAZ, C.; ABREU, L.; SCARPELINI, J. **Entre rios**. Vídeo. [Documentário]. Disponível em: <https://www.youtube.com/watch?v=Fwh-cZfWNic>. Acesso em: 28 nov. 2025.

FLICK, Uwe. **Introdução à pesquisa qualitativa**. 6. ed. Porto Alegre: Penso, 2019.

FRANCISCO, Papa. **Carta encíclica Laudato si'**: sobre o cuidado da casa comum. Vaticano: Libreria Editrice Vaticana, 2015. Disponível em: https://www.vatican.va/content/francesco/pt/encyclicals/documents/papa-francesco_20150524_enciclica-laudato-si.html. Acesso em: 7 jan. 2026.

FREITAS, C. M.; BARCELLOS, C.; ASMUS, C. I. R. F.; SILVA, M. A.; XAVIER, D. R. Da Samarco em Mariana à Vale em Brumadinho: desastres em barragens de mineração. **Caderno de Saúde Pública**, Rio de Janeiro, n. 35. 2019. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/csp/a/5p9ZRBrGkfrmtPBtSLcs9j/?format=html&lang=pt>. Acesso em 5 jan.2025.

GALLARDO, A. *et al.* **Gestão de resíduos sólidos: conceitos, legislação e práticas**. São Paulo: Editora Exemplo, 2010.

GANDRA, A. Índice de reciclagem no Brasil é de apenas 4%, diz Abrelpe. **Agência Brasil**. Rio de Janeiro. 2022. Disponível em: [https://agenciabrasil.ebc.com.br/geral/noticia/2022-06/indice-de-reciclagem-no-brasil-e-de-4-diz-abrelpe#:~:text=De%20acordo%20com%20a%20pesquisa,multicamadas%20\(1%2C4%25\)](https://agenciabrasil.ebc.com.br/geral/noticia/2022-06/indice-de-reciclagem-no-brasil-e-de-4-diz-abrelpe#:~:text=De%20acordo%20com%20a%20pesquisa,multicamadas%20(1%2C4%25).). Acesso em: 4 dez. 2024.

GIL, A. **Métodos e técnicas de pesquisa social**. 7. ed. São Paulo: Atlas, 2019.

GUIMARÃES, M. **Educação ambiental: no consenso, um embate?** 12. ed. Campinas, SP: Papirus, 2020.

HOCHMAN, G. **A era do saneamento**: as bases da política de saúde pública no Brasil. 2. ed. São Paulo: Hucitec; Rio de Janeiro: Editora Fiocruz, 2012.

INTERGOVERNMENTAL PANEL ON CLIMATE CHANGE – IPCC. **Climate Change 2023**: Synthesis Report. Contribution of Working Groups I, II and III to the Sixth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change. [S.l.]: IPCC, 2023. Disponível em: <https://www.ipcc.ch/report/ar6/syr/>. Acesso em: 10 dez. 2025.

IPCC. **AR6 Synthesis Report**: Climate Change 2023. Geneva, CH: IPCC, 2023.

INTERGOVERNMENTAL PANEL ON CLIMATE CHANGE – IPCC. **Climate Change 2023**: Synthesis Report. Contribution of Working Groups I, II and III to the Sixth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change. [S.l.]: IPCC, 2023. Disponível em: <https://www.ipcc.ch/report/ar6/syr/>. Acesso em: 10 dez. 2025.

JACOBI, P. R. **Governança ambiental urbana no Brasil**. São Paulo: Annablume, 2017.

JACOBI, P. R.; BESEN, G. Gestão de resíduos sólidos em São Paulo: desafios da sustentabilidade. **Estudos avançados**, São Paulo, v. 25, n. jan/abr. 2011. p. 135-158. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/ea/a/YgnDNBgW633Y8nfLF5pqLxc/?lang=pt>. Acesso em: 26 jan. 2026.

KAHN, M. E. *et al.* Long-term macroeconomic effects of climate change: A cross-country analysis. **Energy Economics**, [S.l.], v. 104, p. 105624, 2021. Disponível em: <https://ideas.repec.org/a/eee/eneeco/v104y2021ics0140988321004898.html>. Acesso em: 10 dez. 2025.

LEITE, P. **Logística reversa**: meio ambiente e competitividade. 3. ed. São Paulo: Saraiva, 2017.

LIMA, D. S. **Gestão de resíduos sólidos**: modelo de coleta seletiva aplicável ao município de Uberaba – MG. 2021. Dissertação (Mestrado Profissional em Inovação Tecnológica) -- Universidade Federal do Triângulo Mineiro, Uberaba, MG, 2021. Disponível em: <https://bdtd.ufm.edu.br/bitstream/123456789/1516/1/Dissert%20Daiana%20S%20Lima.pdf>. Acesso em: 15 jan. 2026.

LUZ, A. N. Ciência, tecnologia e sociedade, software livre e educação: diálogos possíveis. **Cadernos UniFOA**, Volta Redonda, RJ, v. 15, n. 43, 2020. Disponível em: https://revistas.unifoa.edu.br/cadernos/article/view/3255/pdf_1. Acesso em: 19 out. 2025.

MARICATO, E. **O impasse da política urbana no Brasil**. Petrópolis, RJ: Vozes, 2011.

MARKIDES, C. C. How disruptive will innovations from emerging markets be? **MIT Sloan Management Review**, Cambridge, UK, v. 54, n. 1, p. 23-25, 2013. Disponível em: <https://www.proquest.com/docview/1115278036?fromopenview=true&pqorigsite=gscholar&sourcetype=Scholarly%20Journals>. Acesso em: 2 dez. 2024.

MEDINA, M. **The world's scavengers**: salvaging for sustainable consumption and

production. Lanham: AltaMira Press, 2007. Disponível em:
<https://agris.fao.org/search/en/providers/122535/records/65ddf2e7b766d82b18fb6a12>. Acesso em: 1 dez. 2024

MELOSI, M. **Garbage in the Cities: refuse, reform, and the environment**. Rev. ed. Pittsburgh, US: University of Pittsburgh Press, 2005. Disponível em:
<https://www.scirp.org/reference/referencespapers?referenceid=2738311>. Acesso em 03 fev. 2025.

MINAYO, M. **O desafio do conhecimento**. 15. ed. São Paulo: Hucitec, 2021.

MONTEIRO, J. *et al.* **Manual de gerenciamento integrado de resíduos sólidos**. Rio de Janeiro: IBAM, 2001.

OECD. **Extended Producer Responsibility and Waste Management**. Paris: OECD Publishing, 2022.

ORGANIZAÇÃO DAS NAÇÕES UNIDAS. **Como as Nações Unidas apoiam os ODS no Brasil**. 2015. Disponível em: <https://brasil.un.org/pt-br/sdgs>. Acesso em: 17 jan. 2025.

PAULI, G. **A economia azul**. São Paulo: Cultrix, 2013.

REIS, W. F.; BARRETO, C. G.; CAPELARI, M. G. M. Circular Economy and Solid Waste Management: Connections from a Bibliometric Analysis. **Sustainability**, Basel, CH, v. 15, n. 22, p. 15715, 2023. Disponível em: <https://www.mdpi.com/2071-1050/15/22/15715>. Acesso em: 12 jan. 2026.

ROLNIK, R. **Guerra dos lugares**. São Paulo: Boitempo, 2015.

ROMERO, A. L; SILVA, A. B. (Org.). **Ciência, tecnologia, sociedade e ambiente: propostas didático-pedagógicas para o ensino de ciências**. Guarujá, SP, Editora Científica, 2024. Disponível em: <https://www.editoracientifica.com.br/books/isbn/978-65-5360-802-3>. Acesso em: 6 jun. 2025.

SACHS, W. The Sustainable Development Goals and: varieties of Post-Development? **Third World Quarterly**, London, v. 38, n. 12, p. 2573-2587, dez. 2017. Disponível em:
<https://ideas.repec.org/a/taf/ctwqxx/v38y2017i12p2573-2587.html>. Acesso em: 12 set. 2025.

SEVERINO, A. **Metodologia do trabalho científico**. 24. ed. São Paulo: Cortez, 2021.

SHIMADA, G. Fukushima Daiichi nuclear power plant impact on regional economies from 1960 to 2010. **Renewable and Sustainable Energy Reviews**, Amsterdam, v. 203, 114801, 2024. Disponível em <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S1364032124005276>. Acesso em: 26 jan.2026.

SILVA, J. I. A. O.; FEITOSA, M. L. A. M.; SOARES, A. S. C. M. O desmonte da estatalidade brasileira no caso da política pública de saneamento e a falácia da regionalização como vetor de desenvolvimento regional. **Revista Brasileira de Estudos Urbanos e Regionais**, Natal, v. 24, e202212, 2022. Disponível em:
<https://rbeur.anpur.org.br/rbeur/article/view/6943>. Acesso em: 2 mar. 2025.

SZIGETHY, L; ANTENOR, S. **Resíduos sólidos urbanos no Brasil**. Brasília, DF: IPEA, 2025. Disponível em: <https://www.ipea.gov.br/cts/pt/central-de-conteudo/artigos/artigos/217-residuos-solidos-urbanos-no-brasil-desafios-tecnologicos-politicos-e-economicos>. Acesso em: 30 jan. 2025.

STRUK, M. Distance and incentives matter: the separation of recyclable municipal waste. **Resources, Conservation and Recycling**, Amsterdam, v. 122, p. 155-162, 2017. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0921344917300320>. Acesso em: 12 dez. 2024.

TUCCI, C. E. M. **Gestão de águas pluviais urbanas**. Porto Alegre: ABRH, 2017.

UBERABA (MG). **Lei nº 12.909, de 07 de agosto de 2018**. Institui a Política Municipal de Resíduos Sólidos e dá outras providências. Uberaba: Câmara Municipal, 2018. Disponível em: <https://www.jusbrasil.com.br/legislacao/5014662767/lei-ordinaria-12909-18-mg-uberaba>. Acesso em: 17 mar. 2026.

VARGAS, D.; CAMPOS, L.; LUNA, M. Brazil's formal e-waste recycling system. **Sustainability**, Basel, CH, v. 16, n. 1, 2023. Disponível em: <https://www.mdpi.com/2071-1050/16/1/66>. Acesso em: 20 jan. 2025.

WOBETO, J. L. **Benefícios para empresas, sociedade e meio ambiente advindos da implantação do modelo de economia circular**. 2020. Trabalho de Conclusão de Curso (Bacharelado em Ciências Econômicas) -- Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2020. Disponível em: <https://repositorio.ufsc.br/handle/123456789/223165>. Acesso em: 02 dez. 2024.

WMO. **State of the Global Climate 2024**. Geneva, CH: World Meteorological Organization, 2024. Disponível em: <https://wmo.int/publication-series/state-of-global-climate-2024>. Acesso em: 5 jan. 2025.

APÊNDICE A - PESQUISA DE INSTITUIÇÕES, EMPRESAS E OU SERVIÇOS DE TECNOLOGIA PARA SOLUÇÕES AMBIENTAIS

Quadro 3 - Pesquisa de instituições, empresas e ou serviços de tecnologia para soluções ambientais para fins de destinação e/ou descarte de resíduos sólidos recicláveis

(continua)

Instituição	Site	Acesso	Observação
ABDI	https://www.abdi.com.br/abdi-e-abiplast-lancam-plataforma-recircula-brasil-nesta-sexta-feira-26/	01/10/2024	Agência Brasileira de Desenvolvimento Industrial - Viabilizador
ABIPLAST	https://www.abiplast.org.br/aplicativo-abiplast/	10/10/2024	pev's em São Paulo, Curitiba e Fortaleza.
CATAKI“My carroça”	https://www.cataki.org/	10/10/2024	Conecta catadores, abrangência SP capital.
ABREE	https://abree.org.br/	05/10/2024	Associação Brasileira de Eletro Eletrônicos - Logística reversa de eletroeletrônicos, tem pontos de entrega em Uberaba no Instituto Agronelli e CODAU.
Programa de Reciclagem Prefeitura de Santos	https://www.santos.sp.gov.br/?q=hotsite/programa-de-reciclagem	03/10/2024	Troca por voucher para trocar em comércio local, alumínio, plásticos.
Reciclus	https://reciclus.org.br/blog/logistica-reversa-de-lampadas-o-que-e-e-como-fazer/	02/10/2024	Voltado para recolher lâmpadas. Tem ponto de entrega em Uberaba no Instituto Agronelli.
Instituto Agronelli de Desenvolvimento Social	https://institutoagronelli.org.br/	09/10/2024	Recebe eletroeletrônicos em parceria com a Abree e lâmpadas em parceria com a Reciclus.

CODAU	Serviços físicos, não prestados por site, acionado por telefone.	10/10/2024	Catatreco, recolhe móveis, eletrodoméstico, vidro e leva para COOPERU. Abrangência Uberaba
Pantanal	https://www.solutudo.com.br/empresas/mg/uberaba/comercio-atacadista-de-alimentos/pantanal-coleta-de-oleo-15455560	07/10/2024	Recolhe óleo doméstico e troca por detergente - Abrangência Uberaba.
COOPERU	https://www.ecycle.com.br/postos/cooperativa/mg/cooperu--uberaba/13914	10/10/2024	Cooperativa de Reciclagem de Uberaba- Abrangência Uberaba
Prefeitura Municipal de Vila Velha ES	https://ecopontos.vilavelha.es.gov.br/	02/12/2024	Abrangência Município de Vila Velha
Prefeitura Municipal de Uberaba	http://www.uberaba.mg.gov.br/facilitado/conteudo,131	02/12/2024	Ecopontos Abrangência Município de Uberaba
Ecotroca ambiental	https://www.instagram.com/ecotrocambiental?igsh=MTk1M2I0cjd3OGduMA==	01/12/2024	Abrangência bairro Estados Unidos Uberaba, trabalha com troca de hortaliças por recicláveis.
Avant Garden	a) CARMINHA, Yasmin, para a Tech Tudo Globo.com https://umsoplaneta.globo.com/biodiversidade/noticia/2024/10/14/game-brasileiro-ensina-a-identificar-especies-de-	21/10/2024	Aplicativo sobre árvores: Funciona na cidade de SP.

	arvores- conheca.ghml ; b) https://www.a vantgarden.co m.br/downloa d.		
--	---	--	--

Fonte: elaboração própria, 2024.