



**UNIVERSIDADE FEDERAL DO TOCANTINS
CAMPUS UNIVERSITÁRIO DE PALMAS
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA AMBIENTAL**

RANIERY RAMOS PEREIRA

**EFICIÊNCIA DA LOGÍSTICA REVERSA EM IMPERATRIZ – MA:
UM ESTUDO SOBRE INDICADORES DE DESEMPENHO E PROPOSTAS
DE MELHORIA PARA A GESTÃO DE RESÍDUOS SÓLIDOS**

Palmas, TO
2025

**EFICIÊNCIA DA LOGÍSTICA REVERSA EM IMPERATRIZ – MA:
UM ESTUDO SOBRE INDICADORES DE DESEMPENHO E PROPOSTAS
DE MELHORIA PARA A GESTÃO DE RESÍDUOS SÓLIDOS**

Dissertação avaliada e apresentada à UFT – Universidade Federal do Tocantins – Campus Universitário de Palmas, Programa de Pós-Graduação Mestrado Profissional em Engenharia Ambiental, como requisito para obtenção do título de mestre em Engenharia Ambiental e aprovada em sua forma final pelo Orientador Joel Carlos Zukowski Junior.

Orientador: Prof. Dr. Joel Carlos Zukowski Junior

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP)
Sistema de Bibliotecas da Universidade Federal do Tocantins

R175e Pereira, Raniery Ramos.

 Eficiência da Logística Reversa em Imperatriz – MA:
 Um Estudo Sobre Indicadores de Desempenho e
 Propostas de Melhoria para a Gestão de Resíduos
 Sólidos. / Raniery Ramos Pereira. – Palmas, TO, 2025.
 67 f.

 Dissertação (Mestrado Profissional) - Universidade Federal do
 Tocantins – Câmpus Universitário de Palmas - Curso de Pós-
 Graduação (Mestrado) Profissional em Engenharia Ambiental, 2025.
 Orientador: Joel Carlos Zukowski Junior

 1. Engenharia Ambiental. 2. Logística. 3. Logística Reversa. 4.
 Gestão de Resíduos Sólidos. I. Título

CDD 628

TODOS OS DIREITOS RESERVADOS – A reprodução total ou parcial, de qualquer forma ou por qualquer meio deste documento é autorizada desde que citada a fonte. A violação dos direitos do autor (Lei nº 9.610/98) é crime estabelecido pelo artigo 184 do Código Penal.

Elaborado pelo sistema de geração automática de ficha catalográfica da UFT com os dados fornecidos pelo(a) autor(a).

**EFICIÊNCIA DA LOGÍSTICA REVERSA EM IMPERATRIZ – MA:
UM ESTUDO SOBRE INDICADORES DE DESEMPENHO E PROPOSTAS
DE MELHORIA PARA A GESTÃO DE RESÍDUOS SÓLIDOS**

Dissertação apresentada ao Programa de Pós- Graduação em Engenharia Ambiental foi avaliada para a obtenção do título de Mestre em Engenharia Ambiental e aprovada em sua forma final pelo Orientador e pela Banca Examinadora.

Data de aprovação: 28/08/2025

BANCA EXAMINADORA

Prof. Dr. Joel Carlos Zukowski Junior

Prof. Dr. Juan Carlos Valdés Serra

Profa. Dra. Alice Rocha de Souza

AGRADECIMENTOS

Ao olhar para trás, vejo que este caminho foi muito mais do que uma conquista acadêmica — foi uma jornada de crescimento, superação e aprendizado que transformou minha forma de ver o mundo. Agradeço à Universidade Federal do Tocantins (UFT) e a todos os professores que cruzaram meu caminho, por compartilharem conhecimento, experiências e valores que levarei para sempre. Cada aula, cada conversa e cada desafio fizeram parte da construção não apenas deste trabalho, mas também de quem sou hoje.

Ao meu orientador, Prof. Dr. Joel Carlos Zukowski Junior, registro minha mais sincera gratidão. Sua dedicação, paciência e firmeza nas orientações foram faróis que iluminaram este percurso, mostrando que a excelência acadêmica caminha lado a lado com a generosidade e o cuidado com o outro.

A Deus, agradeço pela força nos momentos em que a esperança parecia pequena e por ter colocado as pessoas certas ao meu lado. A mim mesmo, pela coragem de continuar quando o cansaço pesava. À minha mãe, Antônia Analeide, por ser meu porto seguro, exemplo de força e perseverança, e por me ensinar que amor e fé são combustíveis que nunca se esgotam. À minha avó, Anália, cujas orações e palavras sempre me encontraram no momento exato. À minha tia e madrinha, Analice, pelo carinho constante, pelas palavras de incentivo e pelo apoio nos dias mais desafiadores.

Sou grato também aos demais familiares, que, mesmo à distância, sempre acreditaram em mim. Aos amigos e colegas que tornaram esta caminhada mais leve e significativa, especialmente Nicolas e Uanderson, pela amizade verdadeira, pelas conversas que aliviaram o peso da jornada e pelos momentos de estudo e companheirismo. Ao secretário do programa, Cristiano, pela presteza e disponibilidade desde o primeiro contato. E, de forma especial, ao amigo Isaac, cuja convivência e apoio constante foram fundamentais para que eu chegasse até aqui.

Por fim, agradeço a todos que, de alguma forma, contribuíram para esta conquista — seja com um gesto de apoio, uma palavra de ânimo ou simplesmente pela presença silenciosa. Este trabalho é, também, reflexo de cada pessoa que acreditou que eu poderia chegar até o fim.

Reconhece a queda e não desanima /
Levanta, sacode a poeira e dá a volta por
cima.

VANZOLINI, Paulo

RESUMO

O presente estudo tem como objetivo avaliar os indicadores de desempenho da logística reversa no sistema de coleta seletiva de Imperatriz-MA, considerando eficiência, sustentabilidade e inclusão social dos catadores, com base na Política Nacional de Resíduos Sólidos (PNRS) e ao Plano Municipal de Gestão Integrada de Resíduos Sólidos (PMGIRS). A pesquisa, de caráter exploratório e documental com abordagem qualitativa e métodos mistos, utilizou análise documental de PMGIRS, entrevistas semiestruturadas com gestores públicos, cooperativas e empresas, e questionários aplicados a 12 atores-chave, incluindo a Secretaria de Meio Ambiente (SEMMARH), Associação dos Catadores de Materiais Recicláveis de Imperatriz (ASCAMARI) e empresas como Valor da Logística Integrada (VLI) e Suzano Papel e Celulose. A análise de conteúdo e estatística descritiva permitiu comparar os dados com cidades de médio porte e identificar gargalos operacionais. Os resultados indicam que os indicadores atuais, como volume de resíduos coletados e percentual reciclado, são limitados, negligenciando impactos sociais e ambientais (Câmara de Dirigentes Lojistas - CDL, VLI). Gargalos incluem infraestrutura insuficiente, especialmente em áreas periféricas (ASCAMARI, VLI), baixa conscientização populacional (Reciclagem São Lucas) e falta de integração entre agentes (Grupo Mateus). As parcerias, como com a ASCAMARI, são positivas, mas carecem de coordenação. O PMGIRS apresenta metas, como o desligamento do lixão, mas sua implementação é parcial devido à falta de recursos e fiscalização. Portanto, a pesquisa foi bem-sucedida em mapear ineficiências e propor melhorias, como ampliação de Pontos de Entrega Voluntária (PEVs), campanhas educativas e incentivos fiscais. Contudo, limitações como dados incompletos e ausência de comparações diretas com outras cidades restringem a análise. Estudos futuros podem explorar indicadores e parcerias intermunicipais para aprimorar a gestão de resíduos em Imperatriz.

Palavras-chave: Logística Reversa. Gestão de Resíduos. Indicadores de Desempenho.

This study aims to evaluate the performance indicators of reverse logistics in the selective waste collection system of Imperatriz, Maranhão, considering efficiency, sustainability, and social inclusion of waste pickers, based on the National Solid Waste Policy (PNRS) and the Municipal Integrated Solid Waste Management Plan (PMGIRS). This exploratory and documentary research, with a qualitative approach and mixed methods, used document analysis from PMGIRS, semi-structured interviews with public administrators, cooperatives, and companies, and questionnaires administered to 12 key stakeholders, including the Department of the Environment (SEMMARH), the Imperatriz Recyclable Materials Collectors Association (ASCAMARI), and companies such as Valor da Logística Integrada (VLI) and Suzano Papel e Celulose. Content analysis and descriptive statistics allowed for comparison with mid-sized cities and identification of operational bottlenecks. The results indicate that current indicators, such as volume of waste collected and percentage recycled, are limited, neglecting social and environmental impacts (Câmara de Dirigentes Lojistas - CDL, VLI). Bottlenecks include insufficient infrastructure, especially in peripheral areas (ASCAMARI, VLI), low public awareness (Reciclagem São Lucas), and a lack of integration between stakeholders (Grupo Mateus). Partnerships, such as with ASCAMARI, are positive but lack coordination. The PMGIRS presents goals, such as shutting down the landfill, but their implementation is partial due to a lack of resources and oversight. Therefore, the research was successful in mapping inefficiencies and proposing improvements, such as expanding Voluntary Delivery Points (PEVs), educational campaigns, and tax incentives. However, limitations such as incomplete data and the lack of direct comparisons with other cities limit the analysis. Future studies can explore indicators and intermunicipal partnerships to improve waste management in Imperatriz.

Keywords: Reverse Logistics. Waste Management. Performance Indicators.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1: Ciclos da logistica reversa.....	29
Figura 2: Mapa de Imperatriz-MA.....	30
Figura 3: Crescimento econômico em Imperatriz entre 1950 a 2000.....	33

ABNT	Associação Brasileira de Normas Técnicas
ABREMA	Associação Brasileira de Resíduos e Meio Ambiente
ASCAMARI	Associação de Catadores de Materiais Recicláveis de Imperatriz
CAEMA	Companhia de Águas e Esgotos do Maranhão
CDL	Câmara de Dirigentes Lojistas
CEMAR	Companhia Energética do Maranhão
IBGE	Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística
ISWA	International Solid Waste Association
MTR	Manifesto de Transporte de Resíduos
PMGIRS	Plano Municipal de Gestão Integrada de Resíduos Sólidos
PNRS	Política Nacional de Resíduos Sólidos
PNUD	Programa das Nações Unidas para o Desenvolvimento
PNUMA	Programa das Nações Unidas para o Meio Ambiente
RS	Resíduos Sólidos
RSU	Resíduos Sólidos Urbanos
SEMMARH	Secretaria Municipal de Meio Ambiente e Recursos Hídricos
SINIR	Sistema Nacional de Informações sobre a Gestão de Resíduos Sólidos
SINISA	Sistema Nacional de Informações de Saneamento
SNVS	Sistema Nacional de Vigilância Sanitária
UTC	Usina de Triagem e Compostagem

SUMÁRIO

LISTA DE SIGLAS

1 INTRODUÇÃO.....	12
2 OBJETIVOS.....	14
2.1 Objetivo Geral.....	14
2.2 Objetivos Específicos.....	14
3 MARCO TEÓRICO.....	15
3.1 Resíduos sólidos e a expansão dos centros urbanos.....	15
3.1.1 Resíduos sólidos urbanos.....	17
3.2 Gestão de resíduos sólidos no Brasil.....	18
3.2.1 Definição e classificação dos resíduos sólidos.....	20
3.2.1.1 <i>Inflamabilidade</i>	21
3.2.1.2 <i>Corrosividade</i>	21
3.2.1.3 <i>Reatividade</i>	22
3.2.1.4 <i>Toxicidade</i>	22
3.2.1.5 <i>Coleta e Transporte</i>	23
3.2.1.6 <i>Tratamento e disposição final</i>	24
3.2.2 Marcos legais e políticas públicas.....	25
3.3 Logística e Logística reversa: Conceitos e aplicações.....	26
3.4 Caracterização da área de estudo: Imperatriz-MA.....	30
4 METODOLOGIA.....	34
4.1 Área de estudo.....	34
4.2 Lócus de pesquisa.....	34
4.2 Métodos de coleta de dados.....	34
4.3 Seleção da amostra.....	36
4.4 Critérios de análise dos indicadores.....	37
4.5 Limitações da pesquisa.....	38
5 RESULTADOS E DISCUSSÕES.....	39
5.1 Avaliação da eficiência da logística reversa em Imperatriz-MA.....	40
5.2 Principais dificuldades encontradas.....	43
5.3 Resultados e discussões das entrevistas.....	44
5.3.1 Políticas públicas.....	44
5.3.2 Dificuldades operacionais.....	46

5.3.3 Indicadores de desempenho.....	47
5.3.4 Percepção dos participantes sobre a logística reversa e a gestão de RSU conforme a escala de likert.....	48
5.4 Propostas de melhorias.....	49
6 CONSIDERAÇÕES FINAIS.....	51
REFERÊNCIAS.....	53
ANEXOS.....	58

1 INTRODUÇÃO

O modo de produção do século XXI baseia-se nos preceitos capitais da produção em grande escala, deste modo, a população consome cada vez mais produtos industrializados, desde alimentação a vestuário. Nesse sentido, a produção de bens/serviços gera resíduos, tal como, o próprio consumo dos mesmos. O reflexo dessa lógica está representando na produção de Resíduos Sólidos (R.S.) segundo dados da Programa das Nações Unidas para o Meio Ambiente (PNUMA) em parceria com a *International Solid Waste Association* (ISWA) aponta no relatório *Global Waste Management Outlook* que em 2020, foram gerados 2,1 bilhões de toneladas de resíduos sólidos domiciliares, estima-se que até 2050 esse valor chegue a 3,8 bilhões (PNUMA, 2024).

Ainda sobre o relatório, o Brasil produz anualmente 120 milhões de resíduos sólidos e estima-se um crescimento de 50% nos próximos 30 anos. Para além da produção, há aspectos socioeconômicos relacionados a destinação dos R.S., pois uma em cada onze pessoas não dispõem do serviço público de coleta, ao mesmo passo que, não se possui locais adequados para o descarte, logo sendo descartados em terrenos baldios, meio ambiente, etc. (PNUMA, 2024).

Outro aspecto interessante no contexto brasileiro, é a forma que os resíduos sólidos são descartados dos 120 milhões de toneladas, mas deste montante 27,9 milhões são depositados a céu aberto que, por sua vez, contraria as normativas dispostas na Política Nacional de Resíduos Sólidos (PNRS) que visa erradicar os lixões a céu aberto. Segundo o relatório da Associação Brasileira de Resíduo e Meio Ambiente (Abrema) é de suma importância que entidades públicas e o setor privado firmem ações para reduzir, informar e possibilitar a separação, coleta e reciclagem (ABREMA, 2024).

Alvarenga e Rocha (2024) explicam que a falta de coordenação de ações públicas falha verticalmente, isto é, da união até os municípios e horizontalmente no que diz respeito às políticas/normas que regulam, mas não possuem recursos para instrumentalização plena, a exemplo disso, é possível relacionar o funcionamento da PNRS.

No Maranhão, o cenário da coleta e separação de resíduos sólidos é alarmante, segundo dados do Censo 2022, do Instituto Brasileiro de Geografia e

Estatística (IBGE, 2023) 90% das famílias tem coleta direta ou indireta do lixo¹. Em Imperatriz, não há dados que apresentem a quantidade de resíduos sólidos descartados, a Prefeitura Municipal de Imperatriz, possui a Política Municipal de Gestão dos Resíduos Sólidos Domiciliares do Município de Imperatriz, tem como base a Lei 12.305/2010 que visa erradicar o descarte inadequado, ampliar o acesso a todos cidadãos a coleta dos resíduos sólidos (Imperatriz, 2024).

Partindo do pressuposto, entende-se que há urgência para adequação da coleta dos resíduos e, por consequência, sua reciclagem. Destarte, a Logística Reversa (L.R.) apresenta-se como ferramenta para redução dos impactos. Segundo o Ministério do Meio Ambiente e Mudança do Clima (2024, s.p.) “a Logística Reversa é um instrumento de desenvolvimento econômico e social caracterizado por um conjunto de ações, procedimentos e meios destinados a viabilizar a coleta e a restituição dos resíduos sólidos ao setor empresarial”.

Contudo, Silva (2022) alerta que o conceito de L.R. é amplo e aplica-se em diversas áreas do conhecimento, especialmente, nas ciências sociais aplicadas e ciências exatas, especificamente, nas engenharias. Para este contexto, utilizou-se o conceito de Stock (1998) que entende a L.R. como um sistema linear contínuo, onde o processo de planejamento compreenda as demandas locais e busque alternativas para reintrodução dos materiais coletados.

¹ O IBGE considera como coleta direta aquela que é feita no próprio domicílio. Já a indireta é quando o lixo é depositado pelo morador em uma caçamba de serviço de limpeza.

2 OBJETIVOS

2.1 Objetivo Geral

Avaliar os indicadores de desempenho da logística reversa no sistema de coleta seletiva de Imperatriz-MA, considerando eficiência, sustentabilidade e inclusão social dos catadores, com base na Política Nacional de Resíduos Sólidos e na Política Municipal de Gestão de Resíduos Sólidos Domiciliares.

2.2 Objetivos Específicos

- Verificar os indicadores atualmente utilizados pelo município para medir a eficácia da coleta seletiva, considerando aspectos como taxa de recolhimento, qualidade dos materiais coletados, tempo de transporte e processamento, e participação das cooperativas de catadores;
- Identificar os principais pontos de ineficiência ou gargalos no sistema atual, destacando os desafios enfrentados pelas cooperativas e a infraestrutura existente; e
- Examinar eficácia das estratégias existentes na logística reversa em relação à minimização de resíduos descartados inadequadamente, por meio da comparação dos dados obtidos com estudos e indicadores de outras cidades brasileiras de médio porte, a fim de verificar se as estratégias adotadas em Imperatriz são adequadas ou se necessitam de revisão e ajustes.

3 MARCO TEÓRICO

3.1 Resíduos sólidos e a expansão dos centros urbanos

O crescimento das cidades, também acompanhou o desenvolvimento e a intensidade do consumo que trouxeram problemas e perguntas como, o que fazer com o lixo e seu descarte? A resposta não é fácil, pois se tem sempre uma resposta em mente, isto é, alheio ao Setor Público. Nesta visão crucial e acomodada, está a contramão do problema (Castells, 2020).

O assunto presente pertence a todos nós envolvidos com o ecossistema e em especial os municípios, o estado e o país, com foco em uma melhor forma de resolver o assunto, de forma com que exista um sistema de gerenciamento plausível em volta de todo o processo de preservação do meio ambiente, trazendo também desenvolvimentos sustentáveis acima das normas aplicadas (Barbosa; Ibrahim, 2014).

A reciclagem desses resíduos que se tornou mais crescentes nas últimas décadas em decorrência do crescimento populacional desenfreado, da falta de conscientização da sociedade, falta de incentivos em programas sociais relacionados ao recolhimento e ao redirecionamento final do lixo, além da ausência de implementação de projetos e aplicações de UTC (Usina de Triagem e Compostagem) cabíveis em cidades em que o mal uso e o destino que se finda o lixo são mais agravantes (Barbosa; Ibrahim, 2014).

Leis, normas, diretrizes e medidas de conscientização têm sido tomadas na intenção de minimizar os agravantes, enquanto gestores buscam educar a população, o acúmulo de lixo muitas vezes é uma questão cultural, e há também outro problema, algumas cidades sofrem com a falta de espaço para o acondicionamento adequado gerando vários problemas para a saúde da população e para o meio ambiente, como, poluição do ar, contaminação do solo, fontes de águas e provocando risco de enchentes (Castells, 2020).

Um dos maiores problemas em cidades densamente urbanizadas, especialmente nas Regiões Metropolitanas, é a falta de locais apropriados para dispor os resíduos adequadamente. Isso se deve à existência de áreas ambientalmente protegidas e aos impactos de vizinhança das áreas de disposição. Na maioria dos aterros sanitários, não há tratamento adequado para o chorume (líquido tóxico gerado pela decomposição orgânica do lixo). Dessa condição resulta que os resíduos tóxicos

podem contaminar o solo e as fontes subterrâneas de água, enquanto os gases produzidos no processo de decomposição são liberados no meio ambiente de forma não controlada (Gouveia, 1999, p. 56).

Os impactos advindos do depósito inadequado (DI) dos RSU constituem um aspecto importante que interfere na sustentabilidade dos municípios, uma vez que este é fundamental para o equilíbrio da relação homem/meio ambiente, para a definição da qualidade de vida das populações e principalmente da preservação dos recursos naturais (Longhin, 2018, p.3)

Segundo a Política Nacional de Saneamento a limpeza urbana e a coleta de resíduos é uma das quatro atividades do saneamento básico, de responsabilidade municipal. Cabe ao município estabelecer o direcionamento correto para o acondicionamento, manuseio e destino final para o lixo domiciliar, em alguns casos a própria fonte geradora é a responsável pelo serviço, como, restaurantes, bares, comércios, grandes empresas, consultórios, clínicas médicas e odontológicas, indústrias, aeroporto, agricultura, obras e reformas residenciais ou comerciais, para estes; em alguns casos o município faz o manejo desses estabelecimentos estabelecendo uma quantidade X. Em hospitais, restaurantes e órgãos públicos é de responsabilidade do município (Castells, 2020).

A limpeza pública urbana não está associada em apenas na varrição manual de ruas, coleta, transbordo e transporte de resíduos sólidos, compete também na varrição mecanizada, na manutenção de praças, feiras livres e meio fio. Para que isso ocorra de forma satisfatória é necessário um bom investimento. O acúmulo de lixo em local inapropriado pode gerar grandes problemas para a saúde pública, como por exemplo, a proliferação de vetores transmissores de doenças, além de causar também mau cheiro, poluição visual e degradação do local onde é lançado (Barbosa; Ibrahin, 2014).

Nas áreas urbanizadas além das grandes quantidades de resíduos sólidos domiciliares, são produzidos outros tipos de resíduos com características específicas que necessitam de um tratamento adequado. Como reflexo os bens e produtos são passíveis de um consumo exagerado, são rapidamente incorporados aos hábitos da sociedade, programados com vida útil reduzida (Cooper, 2004 apud Gunther, 2008).

A falta de controle ambiental e medidas de intervenção fazem dos resíduos sólidos um grave problema para saúde urbana, nessas áreas também são produzidos

resíduos sólidos perigosos em grande escala que necessitam de tratamento prévio, que por sua vez são caros e raros (Jardim, 2012).

As áreas menos densas também compartilham os mesmos problemas e ainda, não dispõem de recursos para a elaboração de projetos para a implementação da limpeza pública urbana ambientalmente correta, a solução é depositar os resíduos sólidos em uma área distante da população, gerando problemas bem maiores. O acúmulo de agentes químicos e biológicos provenientes dos resíduos sólidos pode provocar mudanças nos organismos que habitam nas áreas expostas e grandes impactos na saúde humana (Castells, 2020).

3.1.1 Resíduos sólidos urbanos

É importante saber que com o crescimento populacional na área urbana cresce também a quantidade de lixo lançado no meio ambiente sem o manejo adequado, tornando isso uma preocupação para os gestores, que buscam iniciativas através de políticas públicas em uma tentativa de diminuir os impactos que a geração de resíduos sólidos provoca ao meio ambiente. O lixo produzido e não coletado é disposto de maneira irregular nas ruas, em rios, córregos e terrenos vazios, e tem efeitos tais como assoreamento de rios e córregos, entupimento de bueiros com consequente aumento de enchentes nas épocas de chuva, além da destruição de áreas verdes, mau cheiro, proliferação de moscas, baratas e ratos, todos com graves consequências diretas ou indiretas para a saúde pública (Jacobi; Besen, 2006). O gerenciamento correto de resíduos sólidos contribui com a saúde da população e preservação do meio ambiente. A tomada de decisão deve garantir a diminuição dos impactos causados durante anos de acúmulo de lixo de forma inadequada.

Segundo dados disponibilizados no Panorama dos Resíduos Sólidos 2023, elaborado pela ABREMA - Associação Brasileira de Resíduos e Meio Ambiente, o brasileiro médio produz 380 kg/habitante/ano, em números absolutos, isto representa 77,1 milhões de toneladas. Deste montante, estima-se que apenas 93% foram coletados corretamente, mas cabe aos municípios e seus Planos Municipais de Gestão Integrada de Resíduos Sólidos (PMGIRS) darem a finalidade correta ao material (Brasil, 2023).

Os dados do Diagnóstico Temático Manejo de Resíduos Sólidos Urbanos (SINISA 2021), apontam que apenas 14,7% da população tem acesso ao serviço de

coleta seletiva, isto é, o serviço municipal dedicado a coleta, processamento e reciclagem de resíduos sólidos urbanos (BRASIL, 2023). Já para aqueles que não possuem coleta seletiva, resta os lixões a céu aberto ou nem isto.

Nesses locais, o chorume, líquido gerado pela decomposição do lixo, penetra no solo, contaminando as águas subterrâneas e os rios; os gases provocam explosões e fogo, em alguns casos vítimas fatais, o mau cheiro é sentido de longe, e o lixo atrai ratos, moscas, baratas e gente... Gente pobre que não tem outra forma de sobreviver. Essas pessoas, adultos e crianças, catam material para vender e se alimentam de resto de comida estragada ou contaminada, lidam com caco de vidro, ferro retorcido, resíduos químicos e tóxicos, ficando exposto a acidentes e doenças (Grippi, 2001, p. 78).

É fundamental destacar que, na lógica da sustentabilidade, a possibilidade do aproveitamento do metano de aterros para geração de energia e venda de créditos de carbono no mercado global não deve ser utilizada como justificativa para a manutenção dos padrões insustentáveis de produção e consumo e da prática de aterrar resíduos no solo. O aterramento deve ser efetuado como última alternativa e somente para a parcela que não apresenta condições de recuperação e reciclagem, como preconiza a Política Nacional de Resíduos Sólidos. A solução da incineração não é uma solução sustentável, pois não contribui para a mudança de padrões de consumo, para a geração de postos de trabalho e com o envolvimento da população na gestão dos resíduos. (Jacobi; Besen, 2006, p.154)

No artigo 9º Lei nº 12.305/10, determina ordem de prioridade: a não geração de resíduos sólidos; a minimização; a reutilização; a reciclagem; o tratamento e a disposição final ambientalmente adequada dos rejeitos. Ou seja, institui a prevenção, a redução, a reutilização, a reciclagem, o tratamento dos resíduos sólidos e a destinação adequada para os rejeitos que não podem ser reutilizados ou reciclados (BRASIL, 2010).

3.2 Gestão de resíduos sólidos no Brasil

No Brasil, a gestão de resíduos sólidos é tratada como serviço essencial, deste modo, cabendo o dever de o estado prover aos cidadãos. Nessa seara, a Carta Magna previa a gestão dos resíduos, mas não o seu descarte, possibilitando o cenário passível para descarte incorreto dos materiais. Apenas em 2010, implementou a

Política Nacional dos Resíduos Sólidos (PNRS), que trazia o debate da gestão de resíduos e seus instrumentos para o âmbito nacional, gerando uma ação de enfrentamento do problema que atravessa diversas esferas basilares de uma sociedade, como por exemplo, a saúde pública que está intimamente, relacionada ao meio ambiente e sua limpeza (Godoy, 2013).

Dentro da PNRS foram dispostos diretrizes, ferramentas, gerenciamentos e métodos de gestão do integrada de resíduos, tal como, prazos para adoção dos municípios aos Planos de Gestão Integrada de Resíduos e sua efetivação. Outro importante avanço da PNRS foi a integração de informações por meio do Sistema Nacional de Informações sobre a Gestão de Resíduos Sólidos (SINIR) (BRASIL, 2010).

Contudo, a principal barreira para efetivação da gestão de resíduos sólidos no Brasil é seu caráter descentralizado, pois cabe aos municípios a gestão de recursos que em pequenos localidades é mínimo. Para além disso, outra barreira encontrada é a falta de monitoramento/informação sobre está sendo executado, o SINIR orienta o papel do Estados, ao Distrito Federal e aos Municípios “fornecer ao órgão federal responsável pela coordenação do sistema, anualmente, todas as informações necessárias quanto às diretrizes relativas à gestão integrada e ao gerenciamento de resíduos sólidos” (BRASIL, 2010).

As informações são indispensáveis para a continuidade e criação de estratégias futuras, oportunizando a gestão eficiente e a caracterização tanto do trabalho da gestão do município, tal como, a eficiência das estratégias atuais. Entretanto, outros órgãos públicos também produzem dados sobre gestão de resíduos, como por exemplo, o Sistema Nacional de Informações de Saneamento (SINISA), do cadastro técnico federal do IBAMA, e do Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE) (Neto; Moreira, 2010).

Portanto, Telles *et al.* (2020) entendem que os gestores públicos dos municípios possuem um grande desafio, especialmente, para mudar a realidade de coleta, processamento, reciclagem e descarte adequado dos não recicláveis. Logo, faz-se necessário a compreensão/classificação dos resíduos sólidos conforme as leis/normas disponíveis.

3.2.1 Definição e classificação dos resíduos sólidos

O lixo é todo resíduo sólido gerado pelas atividades humanas, a sua origem é o que caracteriza os resíduos sólidos e define a sua destinação final. De acordo com a Lei nº 12.305/10, artigo 13º inciso I, os resíduos sólidos podem ser classificados em onze tipos e em áreas, como por exemplo, resíduos urbanos

- a) resíduos domiciliares: os originários de atividades domésticas em residências urbanas;
 - b) resíduos de limpeza urbana: os originários da varrição, limpeza de logradouros e vias públicas e outros serviços de limpeza urbana;
 - c) resíduos sólidos urbanos: os englobados nas alíneas “a” e “b”;
- Resíduos do comércio e atividades estatais voltados as práticas sanitárias comuns:
- d) resíduos de estabelecimentos comerciais e prestadores de serviços: os gerados nessas atividades, excetuados os referidos nas alíneas “b”, “e”, “g”, “h” e “j”;
 - e) resíduos dos serviços públicos de saneamento básico: os gerados nessas atividades, excetuados os referidos na alínea “c”;
 - f) resíduos industriais: os gerados nos processos produtivos e instalações industriais;
 - g) resíduos de serviços de saúde: os gerados nos serviços de saúde, conforme definido em regulamento ou em normas estabelecidas pelos órgãos do Sisnama e do SNVS (Sistema Nacional de Vigilância Sanitária);
- Resíduos oriundos da indústria, desde a construção civil até a mineração:
- h) resíduos da construção civil: os gerados nas construções, reformas, reparos e demolições de obras de construção civil incluídas os resultantes da preparação e escavação de terrenos para obras civis;
 - i) resíduos Agrossilvipastoril: os gerados nas atividades agropecuárias e silviculturais, incluídos os relacionados a insumos utilizados nessas atividades;
 - j) resíduos de serviços de transportes: os originários de portos, aeroportos, terminais alfandegários, rodoviários e ferroviários e passagens de fronteira;
 - k) resíduos de mineração: os gerados na atividade de pesquisa, extração ou beneficiamento de minérios. (BRASIL, 2010)

Segundo a ABNT NBR 10.004/04, classifica os resíduos sólidos como: a) Resíduos perigosos (classe I): são os resíduos com características que podem colocar em risco a vida humana e ainda ser prejudicial a fauna e a flora se depositados em local desapropriado, com características de patogênicos, inflamáveis, tóxicos, corrosivos e/ou radioativos. b) Resíduos não perigosos (classe II), essa categoria é subdividida em: Não perigosos e não inertes (classe IIa) e não perigosos inertes (classe IIb); esses resíduos não apresentam características de periculosidade, mas apresentam outras propriedades que podem ser prejudiciais à saúde pública, portanto merecem tanto cuidado no gerenciamento quanto os resíduos de classe I.

3.2.1.1 Inflamabilidade

Um resíduo sólido é caracterizado como inflamável, se uma amostra representativa dele, obtida conforme a ABNT NBR 10007, apresentar qualquer uma das seguintes propriedades:

- a) Ser líquida e ter ponto de fulgor inferior a 60°C, determinado conforme ABNT NBR 14598 ou equivalente, excetuando-se as soluções aquosas com menos de 24% de álcool em volume;
- b) Não ser líquida e ser capaz de, sob condições de temperatura e pressão de 25°C e 0,1 MPa (1 atm.) produzir fogo por fricção, absorção de umidade ou por alterações químicas espontâneas e, quando inflamada, queimar vigorosa e persistentemente, dificultando a extinção do fogo;
- c) Ser um oxidante definido como substância que pode liberar oxigênio e, como resultado, estimular a combustão e aumentar a intensidade do fogo em outro material (ABNT, 2004).

As condições descritas definem materiais perigosos com base em suas propriedades inflamáveis ou oxidantes: a) líquidos com ponto de fulgor abaixo de 60°C, exceto soluções aquosas com menos de 24% de álcool; b) sólidos que geram fogo por fricção, umidade ou reações químicas espontâneas, queimando intensamente; e c) oxidantes que liberam oxigênio, intensificando combustões.

3.2.1.2 Corrosividade

Um resíduo é caracterizado como corrosivo se uma amostra representativa dele, obtida segundo a ABNT NBR 10007, apresentar uma das seguintes propriedades:

- a) Ser aquosa e apresentar pH inferior ou igual a 2, ou, superior ou igual a 12,5, ou sua mistura com água, na proporção de 1:1 em peso, produzir uma solução que apresente pH inferior a 2 ou superior ou igual a 12,5;
- b) Ser líquida ou, quando misturada em peso equivalente de água, produzir um líquido e corroer o aço (COPANT 1020) a uma razão maior que 6,35 mm ao ano, a uma temperatura de 55°C, de acordo com USEPA SW 846 ou equivalente (ABNT, 2004).

As condições descrevem materiais corrosivos: a) soluções aquosas com pH ≤ 2 ou $\geq 12,5$, ou que, misturadas com água na proporção 1:1, resultem em pH nesses limites; b) líquidos, ou que ao se misturar com água produzam líquidos, capazes de corroer aço (COPANT 1020) a uma taxa superior a 6,35 mm/ano a 55°C, conforme métodos USEPA SW 846 ou equivalente.

3.2.1.3 Reatividade

Um resíduo é caracterizado como reativo se uma amostra representativa dele, obtida segundo a ABNT NBR 10007, apresentar uma das seguintes propriedades:

- a) Ser normalmente instável e reagir de forma violenta e imediata, sem detonar;
- b) Reagir violentamente com a água;
- c) Formar misturas potencialmente explosivas com a água;
- d) Gerar gases, vapores e fumos tóxicos em quantidades suficientes para provocar danos à saúde pública ou ao meio ambiente, quando misturados com a água;
- e) Ser capaz de produzir reação explosiva ou detonante sob a ação de forte estímulo, ação catalítica ou temperatura em ambientes confinados;
- f) Ser explosivo, definido como uma substância fabricada para produzir um resultado prático, através de explosão ou efeito pirotécnico, esteja ou não está substância contida em dispositivo preparado para este fim (ABNT, 2004).

As condições caracterizam materiais altamente reativos ou explosivos: a) instáveis, reagem violentamente sem detonar; b) reagem de forma agressiva com água; c) formam misturas explosivas com água; d) geram gases, vapores ou fumos tóxicos em quantidades perigosas ao meio ambiente ou saúde pública ao se misturar com água; e) podem causar reações explosivas ou detonantes sob estímulos fortes, catálise ou temperatura em ambientes confinados; f) são explosivos, projetados para explosões ou efeitos pirotécnicos, com ou sem dispositivo específico.

3.2.1.4 Toxicidade

Um resíduo é caracterizado como tóxico se uma amostra representativa dele, obtida segundo a ABNT NBR 10007, apresentar uma das seguintes propriedades:

Resíduos Classe II - Não perigosos: São conhecidos como resíduos não perigosos os resíduos de restaurante, sucate de metais ferrosos e não ferrosos, resíduos de papel e papelão, resíduos de plásticos polimerizado, resíduos de borracha, madeira, materiais têxteis, bagaço de cana, dentro outros da mesma classificação.

Resíduos Classe II A - Não inertes: São resíduos que possuem classificações que não se enquadram em nenhuma das classificações citadas anteriormente, esses resíduos tem características como: Biodegradabilidade, combustibilidade ou solubilidade em água.

Resíduos Classe II B – Inertes: São resíduos que quando colocado em contato com água destilada ou desionizada e em temperatura ambiente não apresentar nenhum de seus constituintes solubilizados (ABNT, 2004).

3.2.1.5 Coleta e Transporte

A coleta deve ser feita obedecendo as exigências sanitárias da lei, com uma equipe capacitada e com seus devidos equipamentos de proteção individual, em dias e horários preestabelecidos, a população ciente dos dias da coleta deposita seus resíduos no local apropriado pouco tempo antes da coleta dessa maneira evita que animais ou o vento espalhem os resíduos. O veículo coletor e os equipamentos coletores devem ser adequados ao tipo de pavimentação onde será realizada a coleta. O objetivo é coletar o máximo possível de resíduos sólidos e transportá-los até uma forma de destinação (Barbosa; Ibrahin, 2014).

A coleta de resíduos sólidos é uma etapa que precisa ter um planejamento urbano, que inclui Plano de Gestão Integrada de Resíduos Sólidos, que envolve informações acerca da saúde pública, a condição financeira do município, a quantidade e tipo de resíduo gerado, quantidade populacional, os hábitos da população, centros comerciais, vias urbanas, locais de acesso como também o tráfego, esses são alguns dos fatores que levam a definição da frequência e horários da coleta, método e a escolha do caminhão utilizado considera-se principalmente a natureza e a quantidade de resíduo, a guarnição da coleta, como também os roteiros de coleta (Jardim, 2012).

O sistema de coleta e transporte pode ser classificado como misto e seletivo, o primeiro trata da coleta onde um único caminhão realiza a coleta e o transporte dos resíduos orgânicos, recicláveis, perigosos e outros. O segundo sistema é quando se faz a separação dos resíduos na fonte geradora e um caminhão específico para cada tipo de resíduo realizar a coleta e o transporte (Barbosa; Ibrahin, 2014).

O transporte deve obedecer às exigências da lei, os tipos de veículos coletores são: basculante convencional, baú conhecido também como prefeitura e os caminhões compactadores que possuem uma grande capacidade de transporte ideal para área com alta densidade populacional (Berté; Silveira, 2018). A coleta e o transporte de resíduos perigosos podem ser terceirizados, porém o gerador é corresponsável por todo o gerenciamento. A Agência Nacional de Transporte

Terrestre (ANTT) é a instituição responsável pela regulamentação de normas para o transporte de materiais perigosos.

3.2.1.6 Tratamento e disposição final

A Política Nacional de Resíduos Sólidos prevê a responsabilidade compartilhada, ou seja, o gerador, o transportador e destinatário final são todos responsáveis pelo manejo correto dos resíduos e poderão sofrer sanções do Poder Público se alguma etapa do gerenciamento de resíduos sólidos urbanos não for cumprida da forma como prevê a lei. A princípio é obrigação do município de tratar e dispor os resíduos no meio ambiente, porém as empresas e os cidadãos têm a obrigação de auxiliar nesse processo (Jardim, 2012).

O tratamento e a disposição final são as etapa realizadas logo após a coleta, pode-se também considerar a última etapa em um sistema de limpeza pública urbana, alguns resíduos irão passar por um tratamento antes de serem dispostos ao meio ambiente, outros irão diretamente para a destinação final, como forma de tratamento está à reciclagem, a compostagem, a compactação, e a trituração (Barbosa; Ibrahin, 2014).

A reciclagem entra como um fator de sustentabilidade trata-se da restituição dos resíduos sólidos como matéria prima para a fabricação de novos produtos a coleta seletiva de resíduos recicláveis e as cooperativas de catadores de resíduos torna isso possível. A compostagem é a transformação do resíduo orgânico em adubo para o solo, esse método pode ser realizado na fonte geradora ou em unidades de tratamento biológicas (Berté; Silveira, 2018).

No Brasil a disposição dos resíduos sólidos ocorre de três maneiras: lixão ou vazadouros a céu aberto, aterro controlado e aterro sanitário. A primeira os resíduos são depositados no meio ambiente sem nenhum critério de tratamento, geralmente ficam distante dos centros urbanos, esse procedimento resulta na contaminação da água, ar e proliferação de doenças. A segunda trata-se da disposição dos resíduos em valas sem impermeabilização do solo e sem drenagem do chorume, quando as valas estão completas recebem uma camada de argila e grama. A terceira é a forma como prevê a PNRS, ou seja, a forma ambientalmente correta, em um aterro sanitário o solo recebe tratamento de impermeabilização e drenagem de gases, as valas são

cobertas com solo e compactadas dificultando o acesso de animais vetores de doenças (Silveira, 2021).

Outra opção de destinação final de resíduos é a incineração, porém deve ser realizada em um local apropriado e precisa obedecer a várias exigências, além de contar com máquinas e equipamentos de alto custo (Barbosa; Ibrahin, 2014).

3.2.2 Marcos legais e políticas públicas

A gestão de resíduos sólidos urbanos (RSU) no Brasil passou por diversas atualizações e marcos históricos, porém, há oito momentos que se destacam no que diz respeito ao buscarem alternativas de enfrentamento aos desafios ambientais, sociais e econômicos associados ao manejo inadequado de resíduos.

O ponto de partida foi a Lei nº 11.445/2007, que instituiu a Política Nacional de Saneamento Básico que trouxe diretrizes para o saneamento no Brasil, incluindo a gestão de resíduos sólidos como um de seus pilares, *in verbis*:

Art. 1º Esta Lei estabelece as diretrizes nacionais para o saneamento básico e para a política federal de saneamento básico.

Art. 2º Os serviços públicos de saneamento básico serão prestados com base nos seguintes princípios fundamentais:

I - universalização do acesso;

II - integralidade, compreendida como o conjunto de todas as atividades e componentes de cada um dos diversos serviços de saneamento básico, propiciando à população o acesso na conformidade de suas necessidades e maximizando a eficácia das ações e resultados;

III - abastecimento de água, esgotamento sanitário, limpeza urbana e manejo dos resíduos sólidos realizados de formas adequadas à saúde pública e à proteção do meio ambiente;

IV - disponibilidade, em todas as áreas urbanas, de serviços de drenagem e de manejo das águas pluviais adequados à saúde pública e à segurança da vida e do patrimônio público e privado (BRASIL, 2007).

A lei determinou que os municípios elaborassem Planos Municipais de Saneamento, com foco na redução de impactos ambientais e na proteção à saúde pública. Contudo, a falta de recursos humanos e materiais limitaram sua aplicabilidade em parte do território nacional, especialmente, em zonas emergentes e pequenos municípios.

Compreendendo a complexidade da gestão de RSU e a urgência global quanto a questão ambiental, a Lei nº 12.305/2010 é promulgada e institui a Política Nacional de Resíduos Sólidos (PNRS) que por muitos autores, é considerada um divisor de águas, a PNRS introduzir o conceito de responsabilidade compartilhada,

envolvendo governo, setor privado e sociedade na gestão integrada de resíduos (BRASIL, 2010).

A lei estabeleceu a hierarquia de gestão – não geração, redução, reutilização, reciclagem, tratamento e disposição final adequada – e metas ambiciosas, como a eliminação de lixões até 2014 e a promoção da logística reversa e da inclusão de catadores na coleta seletiva (BRASIL, 2010).

Em 2017, para complementar e regulamentar aspectos da PNRS, o Decreto nº 9.177/2017, detalhou a logística reversa e os acordos setoriais para cadeias específicas, como pneus e baterias (BRASIL, 2017).

Em 2020, a Lei nº 14.026/2020, conhecida como o Novo Marco Legal do Saneamento, atualizou a Lei nº 11.445/2007, estabelecendo um novo prazo para o encerramento de lixões (agosto de 2024) e incentivando consórcios intermunicipais para a gestão de RSU (BRASIL, 2020).

Já em 2022, o Decreto nº 11.043/2022 trouxe o Plano Nacional de Resíduos Sólidos (Planares), um instrumento de planejamento com metas de longo prazo, como aumentar a recuperação de resíduos para 50% em 20 anos, por meio de reciclagem, compostagem, biodigestão e recuperação energética.

No mesmo sentido, Associação Brasileira de Normas Técnicas (ABNT) cria a NBR 13221:2023 que estabelece diretrizes para o transporte de resíduos, visando segurança e rastreabilidade (ABNT, 2013), enquanto a Portaria nº 280/2020 instituiu o Manifesto de Transporte de Resíduos (MTR), uma ferramenta digital para monitorar o fluxo de resíduos e garantir sua destinação adequada. Ambas as medidas reforçam a necessidade de maior capacitação técnica e fiscalização para serem eficazes (BRASIL, 2020).

Isto posto, é notório que houve avanços legais e normativos para o avanço da gestão de RSU. Contudo, a implementação enfrenta obstáculos como falta de recursos, desigualdades regionais e necessidade de maior engajamento do setor privado e da sociedade.

3.3 Logística e Logística reversa: Conceitos e aplicações

O conceito de logística é oriundo da ideia francesa de *loger*, que significa colocar/alocar, gerando o termo *logistique* que era utilizado em caráter militar para definir o ato de organizar, transportar, planejar e ordenar a movimentação eficiente

dos equipamentos, remédios, munição e recursos humanos. O termo aparece em literatura neste sentido pela primeira vez em 1917, na obra *Logística Pura: a ciência da preparação para a guerra* do Tenente-Coronel Thorpe (Hempe, 2015).

Entretanto, o entendimento da logística enquanto técnica de administração, seja de ordem pública ou empresarial, aparece em meados da década de 40, onde o desejo por produtivo após quebra de Wall Street de 1929, os adventos da Primeira Guerra Mundial e a fortificação da indústria levaram os sujeitos a estudarem os processos e buscassem novas formas de melhor (Leite, 2003).

Já na década de 50/60, a logística encaminha-se para o ramo empresarial, pois as empresas buscavam diferenciar-se a partir da satisfação dos clientes. A estratégia seguia a ideia de velocidade, o mundo industrializado/globalizado exigia prazo e o padrão de consumo alterou-se, tornando o consumidor exigente nesse sentido (Gartner, 2011).

Nos anos 70, as teorias e modelos de produção em escala, como Just-in-time, *Material Requirements Planning* (MRP) e método Kanban trouxeram sistematização e teorização para a Logística enquanto método científico e operacional que, por sua vez, impulsionou o avanço da logística, pois o mundo agora experimentava a globalização, a digitalização com computadores e a consolidação de uma economia global, interrelacionada, onde as empresas precisavam da logística como fundamento para competição (Viana, 2009).

No Brasil, a logística já era aplicada enquanto conceito, mas pouco difundida, devido as instabilidades políticas anteriores a década de 90, apenas após a efetivação do "Plano Real" que as empresas demandam eficiência na produção e entrega dos produtos. Por fim, nos anos 2000, a logística ganha outro caráter, não mais voltado apenas a produção, mas também ao recolhimento/finalidade do pós-venda/consumo, como por exemplo, as empresas de automóveis que inundaram o mercado com produtos e com obsolescência dos mesmos, se faz necessário pensar na logística reversa (Vaz, 2012).

Para Schenini (2005) logística reversa se desenvolve a partir do dever das empresas para com os consumidores, *in verbis*:

O desenvolvimento da Logística Reversa se deve à legislação ambiental que está direcionada à responsabilidade das empresas em controlar todo o ciclo de vida do produto e os impactos que podem causar ao meio ambiente, além do aumento da consciência ecológica do consumidor, que passa a exigir maior responsabilidade de seus fornecedores. Este fato proporciona

credibilidade às empresas verdes, possibilitando a estas empresas uma vantagem competitiva. (Schenini, 2005).

No mesmo sentido, Gartner (2011) tece um pequeno comentário reafirmando a importância e o surgimento da logística reversa. A Administração, enquanto modelo de produção, deve moldar seus processos para maximizar lucros, reduzir custos e oferecer no menor tempo os produtos, ao mesmo passo que, também é necessário pensar nos desgastes e descarte dos produtos, como as matérias podem ser reutilizadas e quais impactos geram ao meio/sociedade. Gärtner, (2011, p.16) aponta:

Com este enfoque e com estas necessidades, nasceu o conceito de Logística Reversa, que objetiva fazer o caminho inverso da cadeia de suprimentos, ou seja, fazer retornar, à origem, não só os produtos já sem utilidade no mercado, como também as embalagens e toda sorte de materiais não orgânicos produzidos pelas indústrias. Tais materiais podem ser então reutilizados, reciclados ou descartados, porém de forma correta, minimizando-se ao máximo a agressão ao meio ambiente (Gärtner, 2011, p.16).

A Logística Reversa pode ser compreendida como a movimentação de produtos usados para uma cadeia de tratamento para reciclagem e descarte adequado, possibilitando a produção de novos produtos e a sustentabilidade do meio ambiente (Vaz, 2012). Nesse sentido, a Política Nacional de Resíduos Sólidos, considera Logística Reversa como:

Instrumento de desenvolvimento econômico e social caracterizado por um conjunto de ações, procedimentos e meios destinados a viabilizar a coleta e a restituição dos resíduos sólidos ao setor empresarial, para reaproveitamento, em seu ciclo ou em outros ciclos produtivos, ou outra destinação final ambientalmente adequada. (BRASIL, 2010, s.p.).

Já para Sistema Nacional de Informações sobre a Gestão dos Resíduos Sólidos (2024), entende logística reversa como:

[...] um instrumento de desenvolvimento econômico e social caracterizado por um conjunto de ações, procedimentos e meios destinados a viabilizar a coleta e a restituição dos resíduos sólidos ao setor empresarial, para reaproveitamento, em seu ciclo ou em outros ciclos produtivos, ou outra destinação final ambientalmente adequada (SINIR, 2025, online).

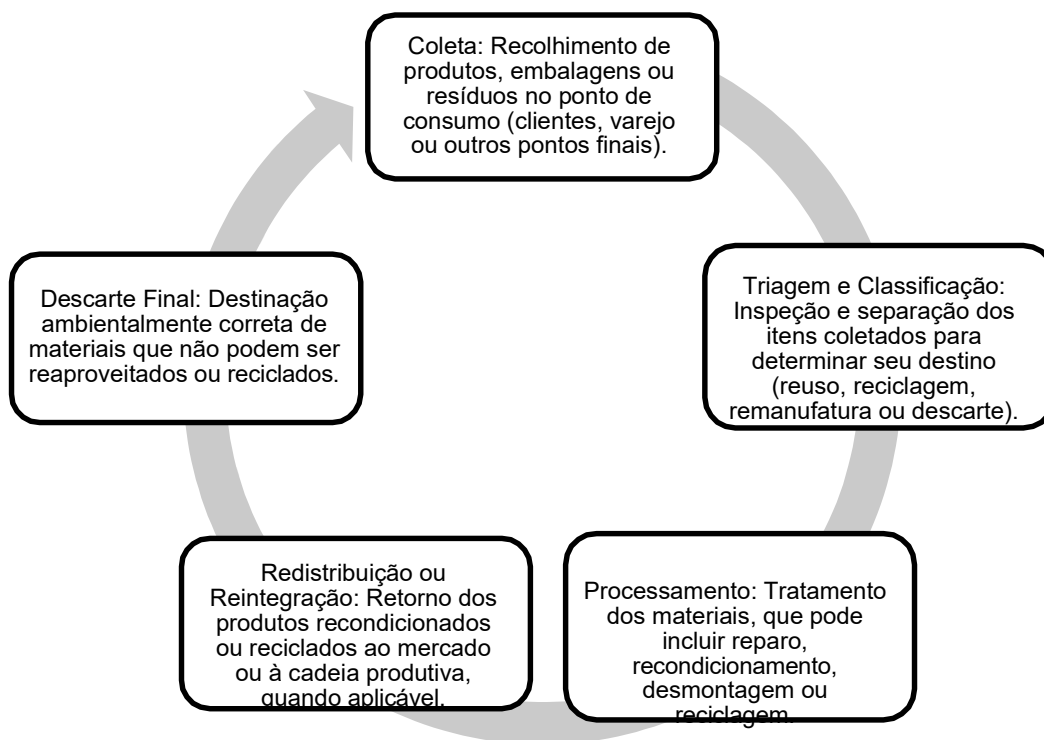
Destarte, podemos compreender a Logística Reversa em dois contextos: pós-venda é voltada para os produtos que possuem erros de fabricação ou com pouco uso que se tornaram inutilizáveis, mas que podem ser remanufaturados, consertados ou

reciclados; e pós-consumo é direcionado aos produtos que não apresentaram defeitos ou falhas produtivas, mas que chegaram ao fim de sua vida útil (Leite, 2003).

Os resíduos sólidos urbanos se enquadram no conceito de logística pós-consumo, onde o produto gerado do desgaste da vida útil é descartado. Contudo, há diversos tipos de lixos, a logística reversa não se trata apenas da coleta, mas da finalidade do material, podendo ser organizado entre os recicláveis e não recicláveis, Ferrara (1999) entende que a coleta é "divisor de águas" entre a efetivação da logística reversa.

Desse modo, a logística reversa possui um ciclo, segundo Rogers e Tibben-Lembke (1998) a cadeia de coleta até o descarte final possui cinco etapas: coleta; triagem e classificação; processamento; reintegração; e descarte final (Vide Figura 1).

Figura 1 - Ciclos da logística reversa



Fonte: adaptado de Rogers e Tibben-Lembke, 1998.

O ciclo da logística reversa, conforme descrito por Rogers e Tibben-Lembke (1998), é uma estratégia simples de gestão de resíduos, integrando sustentabilidade e eficiência econômica na cadeia de suprimentos.

3.4 Caracterização da área de estudo: Imperatriz-MA

A história da cidade se inicia no início do século XIX, quando foi fundada em 16 de julho de 1852, por Frei Manuel Procópio, estabelecida inicialmente como demarcadora dos limites do estado do Pará, conforme a lei n.º 639/1852 (Brasil, 1852). O primeiro nome dado a esse espaço foi Vila de Santa Tereza, que, futuramente, se tornaria Imperatriz devido à homenagem para a esposa de Dom Pedro II, Tereza Cristina (Franklin, 2005; Bastos *et al.*, 2012).

Figura 2 - Mapa de Imperatriz-MA



Fonte: Google Imagens, 2025

Para compreender a história de Imperatriz, é necessário contextualizar o crescimento socioeconômico. Para Franklin (2008), há três ciclos econômicos que demarcam a linha temporal e de desenvolvimento a partir de 1950, sendo esses: ciclo do arroz; ciclo da madeira; ciclo do ouro. Nos primórdios da ocupação do território, a economia se baseava na produção agrícola e subsistência, ao mesmo passo que a pesca era fonte de alimento devido à acessibilidade e fartura do Rio Tocantins.

O primeiro ciclo, Ciclo do Arroz, iniciou-se em 1950 e estendeu-se até o início de 1980, período marcante para a agricultura brasileira na totalidade, especificamente nas regiões do Maranhão, Pará, Goiás e Piauí. Imperatriz, a área cultivada chegou a 66 mil hectares, gerando uma safra de 100 mil toneladas do grão, consagrando a região como uma das três maiores produtoras de arroz no país (Franklin, 2008; Moreira, 2007).

No contexto urbano, o ciclo do arroz trouxe avanços no processo de expansão territorial com a criação da Estrada do Arroz, que interligava a cidade de Imperatriz e Cidelândia para o escoamento da produção. O auge produtivo do ciclo ocorreu em 1960, quando se produziu um milhão de sacos de arroz com as mais de 20 usinas beneficiadoras de grão, gerando movimentação econômica e aumentando o interesse populacional para a região (Franklin, 2008).

A expansão da agroindústria fomentou ao crescimento urbano desordenado, a cidade quase triplicou de habitantes, passando de 12.434 para 30.182 em apenas 10 anos. Outro contraste interessante foi o aumento de urbanização, pois em 1950 apenas 11,59% da população ocupava a área urbana; já em 1960, 22,94% da população ocupada a área urbana (Bastos *et al.*, 2012).

O aumento populacional trouxe como consequência direta o desabastecimento de produtos de subsistência, pois o mercado era composto de produtos excedentes, com aumento da demanda, a oferta tornou-se escassa e insuficiente para atender a população. Outros dois setores colapsaram: a máquina pública de saúde e a oferta de habitações adequadas que se refletiu na procura por espaços emergentes desocupados (Bastos *et al.*, 2012; Moreira, 2007).

Em 1975, o ciclo do arroz entra em declínio devido à expansão da pecuária e as terras ocupadas pela agricultura abrem espaço para a criação de gado. Essa movimentação econômica afeta a dinâmica de produção e postos de trabalho. A tendência de mercado era a exploração madeireira para aumento da agropecuária que inicia o ciclo da Madeira (Franklin, 2008).

O segundo ciclo econômico ocorre entre 1970 e 1981, a região de Imperatriz possuía uma rica diversidade de madeiras comerciais como Ipê, Cedro, Cumaru, Jatobá, Maçaranduba e Sucupira. O mercado da madeira cresceu exponencialmente, em 1970 havia apenas 6 empresas madeireiras e, em menos de 10 anos, chegaram a 30 empresas legalizadas. É imprescindível pontuar que havia inúmeras extrações irregulares (Bastos *et al.*, 2012).

A exploração da madeira impulsionou outros setores, especialmente, o de logística e transportes, a cidade era privilegiada geograficamente pela passagem da Rodovia Belém-Brasília que serviu para o escoamento produtivo e a movimentação do mercado. Em paralelo, o setor automobilístico se desenvolve com a venda de caminhões, empresas de manutenção, tal como, os setores de beneficiamento da

madeira e as empresas que de laminação, carpintarias e movelarias (Franklin, 2008; Moreira, 2007).

O crescimento populacional e econômico da região gerou interesse na Companhia Energética do Maranhão (CEMAR) para fornecer suporte à crescente indústria madeireira. Em plano de fundo, a população, particularmente a urbana, cresce, passando exponencialmente de 220 mil habitantes em 1980, onde 50,72% desses habitantes ocupavam a área urbana. Havia um inchaço populacional, a expansão territorial já atravessava os “limites” da BR 010 no sentido da cidade de João Lisboa (Franklin, 2008).

Contudo, o ciclo econômico entra em declínio em 1981, quando a Açailândia se emancipa e os extrativistas da madeira veem o local como um novo mercado/espço de extração. Na década de 1980, imperatriz tinha uma característica geográfica interessante para os garimpos que se tornaram “febre” no período, a cidade passa a cumprir o papel de fornecedora de insumos essenciais e porta de entrada de novos trabalhadores (Bastos *et al.*, 2012).

O garimpo da Serra Pelada estava localizado a 350 km de distância de Imperatriz, possibilitando acesso rápido e de escoamento dos produtos da mineração, consolidando a cidade como polo comercial de bens e serviços (Franklin, 2008; Moreira, 2007). Como os demais ciclos, o do ouro declina a partir de 1990, mas a cidade não dependia a atividade para prosperar, a diversificação da economia possibilitou essa mudança de cenário. Franklin (2008) apresenta argumentos dessa consolidação por meio da Figura 3:

Figura 3: Crescimento econômico em Imperatriz entre 1950 a 2000²

Ano	Setor de atividades	Pessoas ocupadas na atividade
1950	Indústria de Transformação	77
	Serviços	136
	Comércio de Mercadorias	162
1970	Indústria de Transformação	2.201
	Serviços	1.860
	Comércio de Mercadorias	1.845
1980	Indústria de Transformação	7.496
	Serviços	8.878
	Comércio de Mercadorias	8.878
1991	Indústria de Transformação	8.518
	Serviços	16.649
	Comércio de Mercadorias	16.575
2000	Indústria de Transformação	10.410
	Serviços	-
	Comércio de Mercadorias	23.041

Fonte: Franklin, 2008

A expansão territorial de Imperatriz acompanhou esse crescimento econômico. A cidade passou por um processo acelerado de urbanização, com a criação de novos bairros e a ampliação dos serviços públicos. A construção civil também se tornou um setor dinâmico, com o surgimento de novos empreendimentos imobiliários e a modernização da malha urbana.

² Figura extraída da obra impressa “Apontamentos e Fontes para a História Econômica de Imperatriz. Imperatriz/MA” de Adalberto Franklin (2008).

4 METODOLOGIA

4.1 Área de estudo

Esta pesquisa caracteriza-se como exploratória e documental, com abordagem qualitativa e analítica dedutiva. A natureza exploratória (Gil, 2017) foi escolhida devido à necessidade de mapear e compreender como a logística reversa de resíduos sólidos é tratada nos instrumentos de planejamento municipal, especialmente em cidades médias como Imperatriz. Como não há um modelo padronizado para esses indicadores, a pesquisa parte de uma investigação aberta, baseada em documentos oficiais e dados secundários.

A abordagem documental é central, uma vez que a análise recai sobre os PMGIRS disponíveis, tanto de Imperatriz quanto de outros municípios selecionados por critérios populacionais (200.000 a 400.000 habitantes)³ e geográficos (priorizando a Região Nordeste). A escolha por documentos públicos justifica-se pela sua legitimidade como instrumentos de planejamento aprovados em audiências públicas e por serem fontes de acesso livre.

4.2 Lócus de pesquisa

A cidade de Imperatriz está localizada no sudoeste do Maranhão, fazendo fronteira com São Miguel do Tocantins, Davinópolis, João Lisboa e reconhecida como cidade satélite da Região Metropolitana do Sudoeste Maranhense (vide figura 2), como grande centro comercial de bens, serviços, educação e escoamento de produção.

4.2 Métodos de coleta de dados

Para garantir uma abordagem abrangente e validada empiricamente, a pesquisa utilizou três métodos principais de coleta de dados: análise documental, entrevistas semiestruturadas e aplicação de questionários. Cada método foi cuidadosamente planejado e executado para atender aos objetivos específicos do estudo sobre logística reversa de resíduos sólidos em Imperatriz-MA.

³ A utilização deste recorte visa compreender e selecionar cidades parecidas com o contexto de cidades de médio porte, conforme as métricas do IBGE.

A análise documental constituiu a base inicial da pesquisa, com foco na identificação de indicadores de logística reversa em Planos Municipais de Gestão Integrada de Resíduos Sólidos (PMGIRS) e outros documentos oficiais. O processo iniciou-se com a coleta sistemática de PMGIRS de Imperatriz e de outros municípios brasileiros de médio porte, selecionados por possuírem população entre 200.000 e 400.000 habitantes, sendo possível a comparação em contextos similares.

Os documentos foram obtidos por meio de buscas em portais oficiais de prefeituras, sites de consórcios intermunicipais e plataformas como o Sistema Nacional de Informações em Saneamento Básico (Sinisa). Para garantir a relevância dos dados, utilizou-se um protocolo de busca padronizado, empregando palavras-chave como "logística reversa", "resíduos sólidos", "coleta seletiva" e "indicadores de desempenho".

Os documentos coletados foram submetidos a uma análise de conteúdo detalhada, com os indicadores encontrados sendo catalogados em uma planilha *Excel* e classificados conforme critérios pré-estabelecidos: Critério A (embalagens em geral), Critério B (logística reversa) e Critério C (coleta seletiva/recicláveis). Essa organização permitiu a criação de matrizes comparativas que destacaram semelhanças e diferenças entre as abordagens municipais. Quando o PMGIRS de Imperatriz não apresentava indicadores específicos suficientes, a pesquisa recorreu a documentos complementares, como relatórios de gestão, leis municipais e planos de saneamento, garantindo assim uma base de dados para análise.

Complementando a análise documental, foram realizadas entrevistas semiestruturadas com atores-chave envolvidos na gestão de resíduos sólidos em Imperatriz (vide in anexo). O processo de seleção dos entrevistados incluiu gestores públicos da Secretaria de Meio Ambiente e Serviços Urbanos, representantes de cooperativas de reciclagem e empresas participantes da cadeia reversa de resíduos sólidos. As entrevistas seguiram um roteiro pré-definido, abordando quatro eixos principais: a existência de políticas públicas para logística reversa no município, as dificuldades operacionais enfrentadas (como questões de infraestrutura e engajamento populacional), os indicadores utilizados para monitoramento e sugestões para melhorias no sistema.

Todas as entrevistas foram gravadas, mediante consentimento prévio dos participantes, e posteriormente transcritas para análise. Os dados qualitativos obtidos foram submetidos a uma análise temática, com a codificação das respostas em

categorias como "legislação", "infraestrutura" e "participação social". Essa abordagem permitiu identificar padrões e insights valiosos sobre os desafios e oportunidades na implementação da logística reversa em Imperatriz, fornecendo um contexto rico para interpretação dos dados documentais.

Para complementar e quantificar algumas das percepções identificadas nas entrevistas, a pesquisa incluiu a aplicação de questionários a um público-alvo ampliado. Os questionários foram dirigidos a três grupos principais: gestores municipais, cooperados envolvidos na reciclagem e representantes do setor privado (como supermercados e indústrias). O instrumento de coleta foi dividido em três partes: a primeira coletava dados demográficos básicos (cargo e tempo de atuação no setor); a segunda utilizava escalas Likert de 1 a 5 para avaliar a clareza dos indicadores atuais, a viabilidade de coleta dos dados e o impacto percebido das ações de logística reversa; e a terceira parte incluía perguntas abertas para coletar sugestões de novos indicadores (*vide in* Anexo 1 e 2).

A aplicação dos questionários ocorreu de forma mista, com versões online (utilizando a plataforma *Google Forms*) e presenciais (durante visitas a cooperativas de reciclagem). Obteve-se um total de 30 respostas válidas, que foram submetidas a análise estatística descritiva (cálculo de médias e modas) e posteriormente cruzadas com os dados qualitativos das entrevistas. Essa triangulação metodológica permitiu validar e enriquecer os achados da pesquisa, garantindo melhores resultados.

A integração desses três métodos - análise documental, entrevistas e questionários - proporcionou uma visão abrangente e multidimensional do tema investigado. A triangulação dos dados revelou consistências e discrepâncias entre o que está formalmente estabelecido nos documentos oficiais, as percepções dos gestores e a realidade operacional vivenciada pelos atores diretamente envolvidos na cadeia da logística reversa. Entre as limitações identificadas, destacam-se a dificuldade em acessar PMGIRS atualizados em alguns municípios e a baixa adesão de empresas privadas aos questionários, fatores que foram devidamente registrados e considerados na análise final.

4.3 Seleção da amostra

A seleção da amostra para esta pesquisa teve como foco principal atores-chave diretamente envolvidos na gestão e operacionalização dos resíduos sólidos

urbanos em Imperatriz/MA. Foram selecionadas empresas privadas que atuam na cadeia de logística reversa, especialmente aquelas vinculadas ao setor de embalagens, cooperativas e associações de catadores com atuação reconhecida na coleta seletiva, bem como órgãos públicos municipais responsáveis pelo planejamento e fiscalização das ações previstas no Plano Municipal de Gestão Integrada de Resíduos Sólidos (PMGIRS). A escolha desses grupos se deu pela sua relevância estratégica na implementação efetiva das diretrizes de gestão e logística reversa previstas na Política Nacional de Resíduos Sólidos (Lei nº 12.305/2010).

A definição da amostra considerou critérios como representatividade institucional, experiência prática na gestão de resíduos e envolvimento direto em ações de logística reversa. No caso dos órgãos públicos, foram priorizados setores vinculados à Secretaria de Meio Ambiente, limpeza urbana e planejamento urbano. Já entre os catadores, a escolha recaiu sobre cooperativas formalizadas e com histórico de atuação em parceria com o poder público ou empresas privadas. Essa abordagem permitiu captar diferentes perspectivas sobre os desafios e avanços na operacionalização das metas de recuperação de materiais, ampliando a compreensão sobre o cenário local e suas potencialidades no contexto da gestão integrada dos resíduos sólidos.

4.4 Critérios de análise dos indicadores

A análise dos indicadores utilizados nesta pesquisa foi conduzida com base nos parâmetros definidos pelo Plano Municipal de Gestão Integrada de Resíduos Sólidos (PMGIRS) de Imperatriz, considerando tanto os dados quantitativos quanto qualitativos disponíveis. Os indicadores selecionados envolvem aspectos como a quantidade de resíduos recicláveis coletados seletivamente, a taxa de recuperação de materiais, a cobertura da coleta seletiva, e a efetividade das ações de logística reversa. A metodologia adotada incluiu a sistematização dos dados fornecidos por órgãos públicos, cooperativas e empresas, bem como a triangulação com informações obtidas por meio de entrevistas semiestruturadas.

Para garantir uma análise crítica e comparativa, os resultados foram confrontados com metas estabelecidas no PMGIRS e com diretrizes da Política Nacional de Resíduos Sólidos (PNRS). Sempre que possível, também foram utilizados dados secundários de fontes oficiais como o Sistema Nacional de Informações sobre

a Gestão dos Resíduos Sólidos (SINIR) e relatórios institucionais das empresas participantes.

Foram considerados aspectos qualitativos que impactam diretamente a performance dos indicadores, como o grau de articulação entre os atores envolvidos, a existência de infraestrutura adequada para triagem e destinação dos resíduos, e a atuação das cooperativas de catadores na coleta seletiva. A análise buscou interpretar os dados para além de sua dimensão numérica, incorporando elementos sociais e operacionais que influenciam a eficácia das ações de gestão e logística reversa no município.

4.5 Limitações da pesquisa

Entre as principais limitações desta pesquisa, destaca-se a dificuldade de acesso a dados atualizados e sistematizados por parte dos órgãos públicos e empresas envolvidas na gestão de resíduos sólidos. Em muitos casos, as informações disponíveis apresentavam lacunas temporais ou inconsistências nos registros, o que exigiu uma análise cautelosa e, em alguns momentos, a necessidade de trabalhar com estimativas ou dados secundários. Essa limitação impacta diretamente a precisão de alguns indicadores e a comparação entre o planejado e o efetivamente executado.

5 RESULTADOS E DISCUSSÕES

Para comparar os indicadores de desempenho de logística reversa, optou-se por uma análise quantitativa de cidades médias da região norte e nordeste. Para a seleção das cidades, foram utilizados critérios de população, renda per capita, PIB e IDH, tal como, uma análise de dados socioeconômicos disponibilizados pelo Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE) e Programa das Nações Unidas para o Desenvolvimento (PNUD). Nesse sentido, escolheu-se as cidades de Parnaíba (Piauí), Arapiraca (Alagoas), Araguaína (Tocantins) e Petrolina (Pernambuco).

Imperatriz possui uma população de 273 mil pessoas, aproximadamente, com renda per capita de R\$ 28.500, PIB de R\$ 7,126 bilhões e IDH de 0,731. A economia local é mista, mas assentada sobre o comércio, serviços e o agronegócio. Para além disso, a cidade é intersecção geográfica entre grandes centros, ou seja, há uma enorme movimentação econômica, de pessoas e produtos (IBGE, 2023a). Deste modo, as cidades selecionadas desempenham funções e modelos socioeconômicos parecidos.

Em Parnaíba, em Piauí, residem 153 mil habitantes, mas com população rotativa, pois a cidade é centro logístico do litoral piauiense e polo educacional, especialmente, do ensino superior. A renda per capita é de R\$ 25.000, PIB, estimado em R\$ 4,5 bilhões e IDH de 0,717. O mercado é composto de serviços, comércio e agropecuária. Outro aspecto relevante para escolha são os bons indicadores de saúde e educação, em paralelo, há a crescente demanda por turismo na região que se interliga com Luís Correia que faz parte do Delta do Parnaíba⁴ (IBGE, 2023b).

Arapiraca, em Alagoas, é a segunda escolha em função da sua demografia aproximada de 230 mil habitantes, economia baseada em agronegócio, especialmente de agropecuária e tabaco. A renda per capita é de R\$ 26.000, PIB de R\$ 6,2 bilhões e o IDH de 0,704. A escolha dessa cidade se deu pela sua similaridade econômica, desenvolvimento e qualidade de vida em relação a saúde e educação, além de integrar rotas importantes (IBGE, 2023c).

Araguaína, no Tocantins, é a cidade mais próxima dos indicadores de Imperatriz, além de sua proximidade geográfica, rede econômica e economia. A cidade possui 183.000 habitantes, é ligeiramente menor que Imperatriz, mas está

⁴ O Delta do Rio Parnaíba ou Delta das Américas corresponde à foz do Rio Parnaíba e está situado entre os estados brasileiros do Maranhão e Piauí. A foz abre-se em cinco braços, envolvendo 73 ilhas fluviais.

dentro da faixa de cidades regionais comparáveis. A renda per capita, cerca de R\$ 29.000, o PIB de R\$ 5,8 bilhões e IDH de 0,731. A Araguaína é justificada como escolha por sua função como centro comercial, agronegócio, polo de exportação de soja e rota logística (IBGE, 2023d).

Petrolina, em Pernambuco, foi selecionada pela sua proximidade demográfica e a geografia do Vale do São Francisco e suas dinâmicas econômicas. A população é de cerca de 294.000 habitantes, renda per capita de aproximadamente R\$ 30.000, impulsionada pela agricultura irrigada (uvas e mangas para exportação) e comércio, o PIB de R\$ 8,9 bilhões e o IDH de 0,736 (IBGE, 2023e). A cidade foi escolhida por sua relevância como hub regional, com uma base econômica agrícola e comercial que se alinha ao perfil de Imperatriz. Em linhas gerais, os dados estão dispostos na Tabela 1 seguir:

Tabela 1 - Cidades Similares a Imperatriz, Maranhão

CIDADE	POPULAÇÃO	RENDIA PER CAPITA (R\$)	PIB (R\$ BILHÕES)	IDH
Imperatriz, MA	273.000	28.500	7,126	0,731
Parnaíba, PI	153.000	25.000	4,5	0,717
Arapiraca, AL	230.000	26.000	6,2	0,704
Araguaína, TO	183.000	29.000	5,8	0,731
Petrolina, PE	294.000	30.000	8,9	0,736

Fonte: IBGE, 2023

Portanto, Parnaíba, Arapiraca, Araguaína e Petrolina foram selecionadas por apresentarem indicadores de população (153.000 a 294.000), renda per capita (R\$ 25.000 a R\$ 30.000), PIB (R\$ 4,5 a R\$ 8,9 bilhões) e IDH (0,704 a 0,736) próximos aos de Imperatriz, além de desempenharem papéis semelhantes como polos regionais. Essas cidades refletem a combinação de proximidade numérica e semelhança no papel socioeconômico, tornando-as comparáveis a Imperatriz.

5.1 Avaliação da eficiência da logística reversa em Imperatriz-MA

Para avaliar a eficiência da logística reversa foram utilizados dados da SINIR e SNIS, observando oito elementos: quantidade de resíduos recicláveis coletados seletivamente; taxa de recuperação de materiais; cobertura da coleta seletiva; efetividade das ações de logística reversa; grau de articulação entre atores envolvidos; infraestrutura para triagem e destinação de resíduos; participação social e engajamento da população; e comparação com indicadores de outros municípios (vide Tabela 2).

Tabela 2 - Indicadores de eficiência da logística reversa nos municípios selecionados

Município	Quantidade de resíduos recicláveis coletados seletivamente (t/ano)	Taxa de recuperação de materiais (%)	Cobertura da coleta seletiva (%)	Efetividade das ações de logística reversa	Grau de articulação entre atores envolvidos	Infraestrutura para triagem e destinação de resíduos	Participação social e engajamento da população	Comparação com indicadores de outros municípios
Araguaína (TO)	Dados não disponíveis	Dados não disponíveis	0% (sem coleta seletiva)	Limitada (aterro controlado desativado e áreas favoráveis fora do município)	Baixa (sem cooperativas ou associações mencionadas)	Insuficiente (passivo ambiental e áreas fora do município)	Baixo (sem iniciativas destacadas)	ISLU abaixo da média (0.567 em 2019)
Arapiraca (AL)	36 t	90%	5,1%	Moderada (aterro sanitário e lixão desativado)	Média (4 cooperativas com 185 catadores)	Moderada (aterro sanitário operado pelo município)	Moderado (coleta seletiva implementada)	ISLU acima da média (0.615 em 2016)
Imperatriz (MA)	463 t	79,55%	93,8%	Alta (parcerias com 72 empresas, 12 PEVs e apoio a cooperativas)	Alta (ASCAMARI com 54 catadores e parcerias firmadas)	Boa (aterro controlado e unidade de triagem)	Alto (incentivos à coleta seletiva e participação ativa)	ISLU não especificado, mas IRR de 0.49%
Parnaíba (PI)	Dados não disponíveis	Dados não disponíveis	Dados não disponíveis	Limitada (aterro controlado operado pelo município)	Baixa (sem dados sobre cooperativas)	Insuficiente (apenas aterro controlado)	Baixo (sem iniciativas destacadas)	ISLU baixo (0.5 em 2016)
Petrolina (PE)	500 t	64,10%	96%	Moderada (2 cooperativas e aterro controlado recebendo resíduos de outros municípios)	Média (2 cooperativas com 37 catadores)	Moderada (aterro controlado e unidades de triagem)	Moderado (coleta seletiva implementada, mas taxa de aproveitamento menor)	ISLU acima da média (0.661 em 2017)

Fonte: SINIR, 2025a; SNIS, 2025.

Analisando os achados, Imperatriz, no Maranhão, sobressai-se pela notável execução e eficácia de sua estrutura de logística reversa para resíduos sólidos urbanos, figurando entre os municípios com melhor desempenho. Essa eficiência se manifesta por diversos aspectos estruturais, operacionais e institucionais, demonstrando uma gestão integrada e efetiva dos resíduos recicláveis (SINIR, 2025a; SNIS, 2025).

Em números, a cidade registrou a coleta seletiva de cerca de 463 toneladas anuais de materiais recicláveis, o que já indica um volume de captação considerável. Ainda mais relevante é a taxa de recuperação de materiais, que chega a 79,55%, mostrando que a maior parte dos resíduos coletados é corretamente separada e encaminhada para reaproveitamento nas indústrias. Esse dado revela um sistema operacionalmente eficaz em relação as outras cidades, mas com potencial para melhorais (SINIR, 2025a; SNIS, 2025).

Outro fator importante é a abrangência da coleta seletiva, que atinge 93,8% da área urbana, colocando Imperatriz acima da média nacional. A universalização da coleta seletiva nas áreas urbanas é crucial para o sucesso da logística reversa, pois aumenta a quantidade de materiais coletados que podem ser reaproveitados e facilita o trabalho de cooperativas e empresas envolvidas (SINIR, 2025a; SNIS, 2025).

No âmbito institucional, a cidade possui uma infraestrutura bem organizada, com 12 Pontos de Entrega Voluntária (PEVs) e parcerias com 72 empresas locais, formando uma extensa rede de colaboração entre diferentes setores. A ASCAMARI (Associação de Catadores de Materiais Recicláveis de Imperatriz), com 54 catadores, tem um papel fundamental na operação do sistema, evidenciando a importância das organizações da sociedade civil na implementação de políticas públicas de resíduos sólidos eficazes (SINIR, 2025a; SNIS, 2025).

A união entre os diversos participantes — governo municipal, setor privado e sociedade civil organizada — também contribui para a eficiência do sistema. Essa gestão colaborativa proporciona maior alcance, continuidade das ações e divisão de responsabilidades, princípios essenciais da Política Nacional de Resíduos Sólidos (Lei nº 12.305/2010) (BRASIL, 2010; SINIR, 2025a; SNIS, 2025).

A cidade de Imperatriz demonstra um sistema de administração de logística reversa que funciona bem e pode ser usado em outros lugares, principalmente em cidades médias. Deste modo, entende-se que o funcionamento da logística reversa funcionar adequadamente é necessário estrutura, parcerias, recursos e investimento

em supervisão e tecnologia, tal como, universalizar a coleta, mas dar fim adequado aos RSU (SINIR, 2025a; SNIS, 2025).

5.2 Principais dificuldades encontradas

A análise comparativa não apresenta corretamente a realidade das cidades arroladas, uma vez que, existem lacunas de informação nos dados publicados. Outro aspecto relevante, é a falta de dados atualizados, desde 2020 os dados do SINIR não foram atualizados, acredita-se que devido as questões, como: a pandemia do Covid- 19 que paralisou diversos serviços; a não obrigatoriedade nos anos subsequentes e a inércia dos municípios em encaminhar os relatórios; e a gestão inoperante dos ministérios responsáveis do período (SINIR, 2025a; SINIR, 2025b).

É de suma importância pontuar que, em 2024, foi delimitado um prazo de entrega dos relatórios, mas que foi prorrogada posteriormente para 15 de maio de 2025, no entanto, com baixíssima adesão (SINIR, 2025b). Destarte, a pesquisa empreendeu a aplicação de questionários para gestores, cooperados e empresas e a entrevista com roteiro semiestruturado para caracterizar o panorama geral do município de Imperatriz-MA.

A logística reversa ainda é um desafio para as políticas públicas, especialmente no que tange os RSU, pois há uma carência de estrutura desde a coleta a destinação adequada e este cenário é o reflexo do cotidiano brasileiro (Couto; Lange, 2017).

No contexto imperatrizense, há sistemas e estruturas para coleta, triagem e destinação, mas esta não é suficiente, pois abrange em quase totalidade os espaços urbanos, mas não chega para famílias em áreas rurais e, quando chega, é um serviço de precário, onde os moradores optam pelo descarte inadequado (Silva *et al.*, 2019). No município, o Plano Diretor de Imperatriz (Lei Complementar Nº 001 /2018)

dispõe de alguns deveres que ora se efetivam em partes, ora não executados, in verbis:

Art.77. São diretrizes para a política de Resíduos Sólidos:

- I. A fiscalização e o controle dos processos de geração de resíduos sólidos, incentivando a busca de alternativas ambientalmente adequadas;
- II. A garantia do direito de toda a população, prioritariamente dos assentamentos não urbanizados, à equidade na prestação dos serviços regulares de coleta de lixo;
- III. A promoção da sustentabilidade ambiental, social e econômica na gestão dos resíduos;

IV. A garantia de desenvolvimento, no Plano Municipal de Resíduos Sólidos, e estabelecimento de metas e procedimentos de reintrodução crescente no ciclo produtivo dos resíduos recicláveis, tais como metais, papéis e plásticos, e a compostagem de resíduos orgânicos (Câmara Municipal de Vereadores, 2018).

Dentre os elementos dispostos no artigo 77, o inciso II e IV são cumpridos parcialmente, pois não há equidade para todos os cidadãos, principalmente, em áreas não urbanizadas, tal como, a garantia do que preconiza o Plano Municipal de Resíduos Sólidos quanto as metas e estratégias, seja pela falta de interesse público ou pela insuficiência da máquina estatal. Deste modo, cabe os resultados das entrevistas caracterizarem em detalhes a percepção dos agentes que executam a gestão do RSU.

5.3 Resultados e discussões das entrevistas

Foram realizadas 12 entrevistas com os gestores responsáveis em empresas privadas, associações, cooperativas e órgãos públicos, como a Secretaria Municipal de Meio Ambiente e Recursos Hídricos (SEMMARH), Suzano Papel e Celulose, Reciclagem São Lucas, Associação dos Catadores de Materiais Recicláveis de Imperatriz (ASCAMARI), Câmara de Dirigentes Lojistas (CDL) de Imperatriz, entre outros.

Para realizar a análise, foram organizadas em quatro categorias: políticas públicas; dificuldades operacionais; indicadores de desempenho; e a percepção dos participantes conforme a escala de Likert. Este estudo analisa a eficiência da logística reversa no município com base em um questionário misto e entrevistas semiestruturadas aplicados a gestores públicos, cooperativas de catadores e empresas privadas.

5.3.1 Políticas públicas

As políticas públicas descritas no PMGIRS e as parcerias entre prefeitura, empresas e cooperativas podem ser analisadas em dois eixos principais: as ações de logística reversa previstas no plano e sua implementação; e as parcerias estabelecidas entre prefeitura, empresas e cooperativas. As respostas coletadas, por sua natureza aberta, apresentaram percepções variadas, mas consistentes com esses dois temas, conforme apresentado na Tabela 3:

Tabela 3 - Eixos centrais sobre a percepção dos entrevistados quanto as políticas públicas

PERGUNTA	RESPOSTAS
Ações de logística reversa previstas no PMGIRS e sua implementação	Coleta seletiva, PEVs e parcerias com cooperativas estão previstos, mas a implementação é parcial devido à falta de recursos, fiscalização e infraestrutura (ASCAMARI, CDL, VLI, CAEMA). Ações específicas, como tratamento de resíduos hospitalares (Eficaz Ambiental, EcoService) e de saneamento (CAEMA), também enfrentam barreiras.
Parcerias entre prefeitura, empresas e cooperativas	Existem parcerias, como doações de recicláveis para ASCAMARI (Suzano, VLI, Grupo Mateus) e coleta municipal de resíduos secos (Suzano). No entanto, a coordenação é limitada, com falta de incentivos fiscais (CDL) e integração com pequenos geradores (Eficaz Ambiental, EcoService).

Fonte: autoria própria, 2025

Os resultados mostram, de forma que as ações previstas no PMGIRS de Imperatriz incluem iniciativas como coleta seletiva, pontos de entrega voluntária (PEVs), parcerias com cooperativas e tratamento de resíduos específicos (hospitalares e de saneamento), mas sua implementação é consistentemente descrita como parcial ou limitada.

A falta de fiscalização, recursos financeiros e infraestrutura adequada são apontadas como as principais barreiras por várias empresas envolvidas na pesquisa, destacam-se entre elas, ASCAMARI, CDL, VLI, CAEMA, Eficaz Ambiental e EcoService. A dependência de iniciativas privadas, como as do Grupo Mateus e VLI, sugere que o setor público não desempenha um papel de liderança efetivo na execução do PMGIRS. A ausência de conhecimento sobre o plano por parte de alguns atores (Reciclagem São Lucas, Ressel, Suzano) indica uma falha na comunicação e engajamento, o que compromete a eficácia das políticas públicas.

As parcerias entre prefeitura, empresas e cooperativas existem, mas são marcadas por fragilidades. Exemplos positivos incluem a triangulação entre VLI, Suzano e ASCAMARI, onde materiais recicláveis, como vidro e metais, são doados e destinados a cooperativas ou empresas como a Reeecycle em Recife. No entanto, a maioria dos entrevistados (CDL, Grupo Mateus, Eficaz Ambiental, EcoService) destacam a falta de coordenação centralizada e incentivos, como benefícios fiscais, para ampliar a participação de empresas e pequenos geradores.

A limitação de recursos, como a existência de apenas um caminhão municipal para coleta (Suzano), e a ausência de integração com setores como saneamento (CAEMA) ou saúde (Eficaz Ambiental, EcoService) reforçam a necessidade da ação

do estado. Destarte, é perceptível algumas problemáticas quanto aos agentes/parceiros que operacionalizam a gestão do RSU.

5.3.2 Dificuldades operacionais

As principais barreiras para ampliar a coleta seletiva e a logística reversa em Imperatriz são organizadas em dois eixos (vide Tabela 4): os desafios relacionados à expansão da coleta seletiva e da logística reversa; e a divulgação dos pontos de coleta.

Tabela 4 - Eixos centrais sobre a percepção dos entrevistados quanto as dificuldades operacionais

PERGUNTA	RESPOSTAS
Principais desafios para ampliar a coleta seletiva e logística reversa	- Infraestrutura limitada, especialmente em áreas periféricas (ASCAMARI, VLI). - Baixa conscientização da população (Reciclagem São Lucas, CDL, CAEMA). - Falta de integração entre agentes da cadeia (ASCAMARI, Grupo Mateus). - Ausência de incentivos fiscais e fiscalização (CDL, Eficaz Ambiental).
Divulgação dos pontos de coleta	Redes sociais, panfletos e campanhas em escolas (SEMMARH, ASCAMARI), mas com alcance limitado. Divulgação "boca a boca" é comum (Suzano, Ressel). A prefeitura tem papel secundário (CDL, CAEMA).

Fonte: autoria própria, 2025

As dificuldades operacionais para ampliar a coleta seletiva e a logística reversa em Imperatriz, conforme identificado pelos entrevistados, revelam um cenário complexo marcado por barreiras estruturais, educacionais e de gestão.

A infraestrutura limitada é um entrave recorrente, com destaque para a insuficiência de pontos de entrega voluntária (PEVs), galpões e veículos, especialmente em bairros periféricos e áreas rurais (ASCAMARI, VLI, SEMMARH), o que compromete a capacidade de atender à demanda de resíduos, incluindo os específicos como hospitalares (Eficaz Ambiental, EcoService) e de construção civil (Reciclagem São Lucas).

A baixa conscientização da população sobre a separação correta de resíduos é outro desafio crítico, agravado pela divulgação insuficiente dos pontos de coleta, que depende de métodos esporádicos como redes sociais, panfletos e campanhas pontuais em escolas (SEMMARH, ASCAMARI), ou até mesmo do "boca a boca" (Suzano, Ressel), com pouca liderança da prefeitura (CDL, CAEMA).

A falta de integração entre os agentes da cadeia de reciclagem (ASCAMARI, Grupo Mateus) e a ausência de incentivos fiscais ou regulamentação rigorosa (CDL, Eficaz Ambiental, EcoService) dificultam a adesão de empresas e pequenos geradores, enquanto a gestão política ineficiente (Suzano) e a falta de fiscalização (Reciclagem São Lucas) limitam a implementação do PMGIRS.

Esses fatores combinados resultam em um sistema fragmentado, onde a dependência de iniciativas privadas (Grupo Mateus, VLI) e cooperativas (ASCAMARI) compensa parcialmente a ausência de uma coordenação municipal.

5.3.3 Indicadores de desempenho

As métricas para monitoramento das ações de logística reversa em Imperatriz, sua adequação, o cumprimento das metas do Plano Municipal de Gestão Integrada de Resíduos Sólidos (PMGIRS) e as sugestões para novos indicadores são analisados em três categorias (Vide Tabela 5): métricas utilizadas e sua adequação; metas estabelecidas e seu cumprimento; e indicadores propostos para o PMGIRS.

Tabela 5 - Eixos centrais sobre a percepção dos entrevistados quanto aos indicadores de desempenho

PERGUNTA	RESPOSTAS
Métricas usadas e sua adequação	Volume de resíduos coletados (SEMMARH, ASCAMARI, VLI), renda gerada (ASCAMARI), percentual reciclado (VLI, Eficaz Ambiental) e redução de custos (Grupo Mateus). As métricas são úteis, mas não abrangem impactos sociais, ambientais ou financeiros de forma integrada (CDL, VLI, CAEMA).
Metas estabelecidas e cumprimento	Metas existem (ex.: redução de resíduos em aterros, desligamento do lixão - SEMMARH), mas o cumprimento é parcial devido à falta de recursos e planejamento (ASCAMARI, CDL).
Indicadores sugeridos para o PMGIRS	- Volume de resíduos coletados/reaproveitados/descartados (Suzano, ASCAMARI, Grupo Mateus). - Taxa de recuperação/reciclagem (ASCAMARI, VLI). - Percentual de empresas participantes (CDL, Eficaz Ambiental). - Impacto educacional (ASCAMARI, Ressel). - Resíduos hospitalares e de saneamento (Eficaz Ambiental, CAEMA).

Fonte: autoria própria, 2025

Os entrevistados destacam que as métricas predominantes, como volume de resíduos coletados (SEMMARH, ASCAMARI, VLI, Grupo Mateus, Eficaz Ambiental, EcoService, MB Limpeza Urbana), renda gerada pelas cooperativas (ASCAMARI) e percentual de resíduos reciclados (VLI, Eficaz Ambiental), são úteis para avaliar

aspectos operacionais, mas insuficientes para capturar impactos sociais, ambientais e financeiros, conforme apontado por CDL, VLI e CAEMA.

A ausência de indicadores que mensurem conscientização populacional (MB Limpeza Urbana) ou adesão de empresas e pequenos geradores (CDL, Eficaz Ambiental) é uma lacuna recorrente. Além disso, embora metas como redução de resíduos em aterros e desligamento do lixão municipal (SEMMARH) estejam previstas no PMGIRS, seu cumprimento é parcial devido à falta de recursos, planejamento integrado e fiscalização, conforme indicado por ASCAMARI e CDL.

Há sugestões de novos indicadores, como taxa de recuperação de resíduos (ASCAMARI, VLI), adesão de empresas (CDL) e impacto educacional (Ressul, ASCAMARI), revelam a percepção de que o sistema necessita de métricas mais holísticas para orientar a gestão de resíduos de forma eficaz.

5.3.4 Percepção dos participantes sobre a logística reversa e a gestão de RSU conforme a escala de likert

Para compreender a percepção dos participantes em relação a logística reversa e a gestão de RSU, utilizou-se a escala de likert (1 = Discordo Totalmente; Discordo -2, Indiferente/neutro = 3; Concordo = 4; e 5 = Concordo Totalmente) sobre aspectos da logística reversa e a gestão de RSU, conforme apresentado na Tabela 6.

Tabela 6 - Percepção dos participantes sobre da logística reversa e a gestão de RSU

RESPOSTAS	MÉDIA	DESVIO PADRÃO
Os indicadores atuais de logística reversa refletem adequadamente a realidade.	3.0	0.95
A infraestrutura disponível é suficiente para atender à demanda de resíduos.	3.2	1.14
Há infraestrutura adequada (PEVs, galpões, veículos) para a logística reversa.	3.3	1.15
A prefeitura oferece capacitação regular aos envolvidos na cadeia de reciclagem.	1.9	0.90
A população está bem informada sobre como participar da coleta seletiva.	2.3	0.65
Empresas e cooperativas colaboram efetivamente entre si.	2.9	0.90

Fonte: autoria própria, 2025

Os resultados mostraram que a percepção dos envolvidos sobre os indicadores de desempenho da logística reversa em Imperatriz revela uma visão crítica, com uma média de 3.0 na escala Likert (1 a 5) para a afirmação de que os

indicadores atuais refletem adequadamente a realidade, indicando uma avaliação mista.

Uma entidade consultada (nota 1) considera os indicadores insuficientes para capturar a complexidade do sistema, enquanto outras (nota 4) os veem como parcialmente adequados, mas limitados. As métricas mais utilizadas, como volume de resíduos coletados, renda gerada pelas cooperativas e percentual de resíduos reciclados, são reconhecidas como úteis. No entanto, algumas entidades consultadas destacam que essas métricas negligenciam aspectos sociais, ambientais e financeiros, como o impacto na conscientização da população ou a eficiência operacional.

5.4 Propostas de melhorias

Com base nos resultados da pesquisa e na literatura científica, propõe-se um conjunto de melhorias para a logística reversa em Imperatriz, focando em três eixos principais: infraestrutura, educação ambiental e governança.

Para fortalecer a infraestrutura, é essencial ampliar os pontos de entrega voluntária (PEVs) e investir em galpões e veículos adequados, especialmente em áreas periféricas, como sugerido por algumas empresas participantes. A literatura reforça essa necessidade, destacando que a falta de infraestrutura é uma barreira comum em países em desenvolvimento que identificam déficits de infraestrutura como um dos principais obstáculos à gestão de resíduos sólidos em regiões emergentes (Veiga, 2013).

A implementação de modelos de logística reversa adaptados à realidade local, como proposto por pode otimizar a coleta e o transporte de resíduos, reduzindo custos e impactos ambientais. Essas ações demandam investimentos municipais e parcerias com o setor privado para viabilizar a escala necessária (Guarnieri *et al.*, 2020).

A educação ambiental contínua é outro pilar crítico, conforme sugestão dos envolvidos, que destacaram a baixa conscientização da população como um entrave. Campanhas permanentes em escolas, comunidades e redes sociais, além de uma disciplina escolar sobre reciclagem (sugerida pela Reciclagem São Lucas), podem aumentar a adesão à coleta seletiva.

Veiga (2013) explica que a logística reversa de embalagens de agrotóxicos no Brasil indicam que a educação é essencial para melhorar a separação na fonte,

especialmente em comunidades com baixa adesão. A pesquisa de Demajorovic *et al.* (2016) enfatiza que a falta de conscientização pública é um obstáculo recorrente em países em desenvolvimento, recomendando programas educacionais contínuos para engajar a população.

A governança deve ser fortalecida por meio de incentivos fiscais (CDL), fiscalização rigorosa (Reciclagem São Lucas, Eficaz Ambiental, EcoService) e integração entre agentes da cadeia de reciclagem (ASCAMARI, Grupo Mateus). A literatura destaca a importância da responsabilidade compartilhada, prevista na Política Nacional de Resíduos Sólidos (Lei 12.305/2010), que exige coordenação entre governo, empresas e catadores.

Guarnieri *et al.* (2016) sugerem que acordos setoriais, como o de embalagens, podem facilitar a colaboração, mas exigem incentivos econômicos e treinamento para cooperativas. A inclusão de catadores, como na ASCAMARI, é um diferencial brasileiro, mas requer capacitação técnica e tecnológica.

A prefeitura de Imperatriz deve liderar a articulação desses atores, estabelecendo metas claras, auditorias frequentes (CDL) e políticas que integrem a logística reversa ao sistema de saneamento (CAEMA), promovendo um modelo mais eficiente e sustentável (Barbosa *et al.*, 2025).

6 CONSIDERAÇÕES FINAIS

A pesquisa sobre a eficiência da logística reversa em Imperatriz, Maranhão, alcançou êxito ao cumprir seu objetivo geral de avaliar os indicadores de desempenho do sistema de coleta seletiva, considerando a eficiência, sustentabilidade e inclusão social dos catadores, conforme os princípios da Política Nacional de Resíduos Sólidos (PNRS, Lei 12.305/2010) e do Plano Municipal de Gestão Integrada de Resíduos Sólidos (PMGIRS).

A aplicação de uma metodologia mista, que combinou a análise quantitativa de dados operacionais (como volume de resíduos coletados, taxa de contaminação e cobertura do serviço) com a avaliação qualitativa por meio de entrevistas e questionários aplicados aos catadores, permitindo assim mensurar concretamente a eficiência do sistema por meio de métricas de produtividade, a sustentabilidade econômica e ambiental através do cálculo de custos-benefícios e do desvio de materiais de aterros, e a inclusão social pela verificação da formalização, melhoria da renda e das condições de trabalho desses profissionais, sempre confrontando os resultados encontrados com os parâmetros estabelecidos pela PNRS e pelo PMGIRS local.

Por meio de questionários mistos e entrevistas semiestruturadas com órgãos públicos, cooperativas e empresas privadas, o estudo identificou métricas utilizadas, gargalos operacionais e estratégias existentes, além de compará-las implicitamente com desafios comuns em cidades brasileiras de médio porte.

A diversidade dos participantes, proporcionou uma visão abrangente, permitindo verificar a adequação das políticas locais e propor melhorias alinhadas aos objetivos específicos. Apesar de algumas limitações, como a falta de dados comparativos diretos com outras cidades, a pesquisa conseguiu mapear com sucesso o cenário local e suas lacunas, contribuindo para o debate sobre a gestão de resíduos sólidos.

A principal lacuna de dados limita a capacidade de os gestores tomarem decisões verdadeiramente estratégicas e baseadas em evidências amplas, confinando a análise a um autorretrato sem referências externas. A pesquisa, ao identificar essa falta, aponta para a necessidade crucial de se desenvolver sistemas de indicadores padronizados e acessíveis que permitam essa análise comparativa.

Os principais resultados revelam que os indicadores atuais, como volume de resíduos coletados, renda gerada pelas cooperativas e percentual de resíduos reciclados, são parcialmente adequados, mas negligenciam aspectos sociais e ambientais, como a conscientização da população e o impacto na inclusão de catadores.

Os gargalos identificados incluem infraestrutura insuficiente, especialmente em áreas periféricas, baixa educação ambiental e falta de integração entre prefeitura, empresas e cooperativas.

A implementação do PMGIRS é limitada por recursos financeiros, ausência de fiscalização rigorosa e coordenação ineficiente, com parcerias como as da ASCAMARI com VLI e Suzano sendo pontos positivos, mas insuficientes para atender à demanda. Imperatriz apresenta desafios semelhantes, como a dependência de iniciativas privadas e a necessidade de maior envolvimento do poder público, mas carece de metas específicas e mensuráveis, o que compromete a minimização de resíduos descartados inadequadamente.

As possibilidades da pesquisa incluem a aplicação prática de suas propostas de melhoria, como a ampliação de PEVs, campanhas educativas permanentes e incentivos fiscais, que podem orientar políticas públicas e fortalecer a inclusão social dos catadores, alinhando-se à PNRS.

A identificação de indicadores mais holísticos, como taxas de recuperação e impacto educacional, oferece um caminho para aprimorar o monitoramento da logística reversa. No entanto, a pesquisa enfrenta limitações, como a ausência de dados quantitativos detalhados sobre taxas de recolhimento, qualidade dos materiais e tempo de processamento, o que restringe análises mais precisas.

A falta de comparação direta com outras cidades brasileiras de médio porte, devido à escassez de informações específicas nos dados fornecidos, limita a validação da adequação das estratégias locais. Estudos futuros poderiam incluir análises comparativas de dados operacionais detalhados para reforçar as recomendações, além de explorar o impacto econômico da logística reversa para as cooperativas, promovendo uma gestão de resíduos mais eficiente e sustentável em Imperatriz.

REFERÊNCIAS

- ABNT. **Norma Brasileira 10004 de 31 de maio de 2004**. Disponível em: <https://analiticaqmresiduos.paginas.ufsc.br/files/2014/07/Nbr-10004-2004-Classificacao-De-Residuos-Solidos.pdf>. Acesso em: 24 abr. 2025.
- ABREMA. **Brasil enfrenta desafio crítico com descarte inadequado de lixo em 2023**. 2023. Disponível em: <https://www.abrema.org.br/2024/07/24/brasil-enfrenta-desafio-critico-com-descarte-inadequado-de-lixo-em-2023/>. Acesso em: 24 abr. 2025.
- ALVARENGA, C.; ROCHA, D.J. Logística reversa e reciclagem como forma de mitigar o excesso de resíduos sólidos em aterros sanitários e seus impactos ambientais. **Revista de Direito, Globalização e Responsabilidade nas Relações de Consumo**, Florianópolis, v. 9, n. 2, 2024.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 13221:2023**: Transporte de resíduos. Rio de Janeiro: ABNT, 2023.
- BARBOSA, A.; GONÇALVES, T. J. C.; SIMÕES, P. Improving municipal solid waste services: insights into efficiency, productivity, and recycling in Brazil. **Sustainability**, v. 17, n. 6, p. 2519, 2025.
- BARBOSA, R.P.; IBRAHIN, F.I.D. **Resíduos sólidos**: Impactos, manejo e gestão ambiental. São Paulo: Editora Érica, 2014.
- BARROS, A.S. *et al.* **OS CICLOS ECONÔMICOS DO MUNICÍPIO DE IMPERATRIZ/MA: um resgate historiográfico**. VII CONNEPI, 2012. Disponível em: <https://propi.ifto.edu.br/ocs/index.php/connepi/vii/paper/viewFile/3896/2929>. Acesso em: 24 abr. 2025.
- BARROS, E.M.M. **Eu Imperatriz**. Imperatriz: Edição da Prefeitura Municipal de Imperatriz, 1972.
- BERTÉ, R.; SILVEIRA, A.M.P.A.L. **Gestão de resíduos sólidos: cenários e mudanças de paradigma**. São Paulo: InterSaberes, 2018.
- BRASIL. **Decreto nº 10.936, de 12 de janeiro de 2022**. Regulamenta a Lei nº 12.305, de 2 de agosto de 2010, que institui a Política Nacional de Resíduos Sólidos. Diário Oficial da União, Brasília, DF, 13 jan. 2022. Disponível em: http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2019-2022/2022/decreto/d10936.htm. Acesso em: 3 jun. 2025.
- BRASIL. **Decreto nº 11.043, de 13 de abril de 2022**. Aprova o Plano Nacional de Resíduos Sólidos - Planares. Diário Oficial da União, Brasília, DF, 14 abr. 2022. Disponível em: http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2019-2022/2022/decreto/d11043.htm. Acesso em: 3 jun. 2025.
- BRASIL. **Decreto nº 639, de 12 de junho de 1852**. Desanexa da Província do Pará, e incorpora na do Maranhão todo o território entre os rios Turi-assú e Gurupihy. 1852. Disponível em: <https://www2.camara.leg.br/legin/fed/decret/1824->

1899/decreto-639-12-junho-1852-558788-publicacaooriginal-80361-pe.html Acesso em: 24 abr. 2025.

BRASIL. **Decreto nº 9.177, de 23 de outubro de 2017.** Regulamenta disposições da Lei nº 12.305, de 2 de agosto de 2010, para dispor sobre a logística reversa. Diário Oficial da União, Brasília, DF, 24 out. 2017. [Revogado pelo Decreto nº 10.936/2022]. Disponível em: http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2015-2018/2017/decreto/d9177.htm. Acesso em: 3 jun. 2025.

BRASIL. **Lei nº 11.445, de 5 de janeiro de 2007.** Estabelece diretrizes nacionais para o saneamento básico. Diário Oficial da União, Brasília, DF, 8 jan. 2007. Disponível em: http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2007-2010/2007/lei/l11445.htm. Acesso em: 3 jun. 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. Disponível em: http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2007-2010/2010/lei/l12305.htm. Acesso em: 3 jun. 2025.

BRASIL. **Lei nº 14.026, de 15 de julho de 2020.** Atualiza o marco legal do saneamento básico. Diário Oficial da União, Brasília, DF, 16 jul. 2020. Disponível em: http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2019-2022/2020/lei/l14026.htm. Acesso em: 3 jun. 2025.

BRASIL. Ministério do Meio Ambiente e Mudança do Clima. **Logística reversa.** 2024. Disponível em: <https://www.gov.br/mma/pt-br/assuntos/meio-ambiente-urbano-recursos-hidricos-qualidade-ambiental/logistica-reversa>. Acesso em: 24 abr. 2025.

BRASIL. Ministério do Meio Ambiente e Mudança do Clima. **Resíduos Sólidos Urbanos - RSU.** 2023. Disponível em: <https://www.gov.br/mma/pt-br/assuntos/meio-ambiente-urbano-recursos-hidricos-qualidade-ambiental/residuos-solidos-urbanos>

BRASIL. **Portaria nº 280, de 24 de junho de 2020.** Institui o Manifesto de Transporte de Resíduos - MTR. Diário Oficial da União, Brasília, DF, 25 jun. 2020. Disponível em: <https://www.in.gov.br/en/web/dou/-/portaria-n-280-de-24-de-junho-de-2020-263297110>. Acesso em: 3 jun. 2025.

CÂMARA MUNICIPAL DE VEREADORES (Imperatriz). Prefeitura Municipal de Imperatriz. **Lei complementar Nº 001 /2018 de 9 abr. 2018.** Institui o Plano Diretor de Imperatriz e dá outras providências. Disponível em: <http://www.camaraimperatriz.ma.gov.br/images/leis/2003ab96c9b0db01cddbe010093ee208.pdf>. Acesso em: 24 abr. 2025.

CASTELLS, M. **A questão urbana.** 8ª ed. São Paulo: Paz & Terra, 2020.

CAVALCANTI, C. (Org.). Meio ambiente, desenvolvimento sustentável e políticas públicas. 4. ed. São Paulo: Cortez, 2002

COUTO, M.C.L.; LANGE, L.C. Análise dos sistemas de logística reversa no Brasil. **Engenharia Sanitária E Ambiental**, 22(5), 889–898, 2017.

DEMAJOROVIC, J.; AUGUSTO, E. E. F.; SOUZA, M. T. S. D. Reverse logistics of e-waste in developing countries: challenges and prospects for the Brazilian model. **Ambiente & Sociedade [online]**, v. 19, n. 2, p. 117–136, abr. 2016.

FRANKLIN, A. Apontamentos e Fontes para a História Econômica de Imperatriz. Imperatriz/MA: Ética, 2008.

GARTNER, R. **Logística Reversa**. Centro Universitário Leonardo da Vinci – UNIASSELVI, 2011

GODOY, M.B.R.B. Dificuldades para aplicar a Lei da Política Nacional de Resíduos Sólidos no Brasil. **Caderno de Geografia**, v. 23, n. 39, p. 1-12, 2013.

GOUVEIA, N. Saúde e meio ambiente nas cidades: os desafios da saúde ambiental. **Saúde e Sociedade**, v.8, n.1, p.49-61, 1999.

GRIPPI, S. **Lixo, reciclagem e sua história**: guia para as prefeituras brasileira-2 ed-Rio de Janeiro: Interciência, 2001.

GUARNIERI, P.; CERQUEIRA-STREIT, J. A.; BATISTA, L. C. Reverse logistics and the sectoral agreement of packaging industry in Brazil towards a transition to circular economy. **Resources, Conservation and Recycling**, v. 153, 2020.

HEMPE, L. A Logística Reversa à Serviço do Desenvolvimento Sustentável e o Papel da Escola com Relação à Educação Ambiental. **Revista Monografias Ambientais Santa Maria**, Edição Especial Curso de Especialização em Educação Ambiental. 2015, p. 17–25, 2015.

IBGE. **Araguatins (TO)**. 2023d. Disponível em: <https://www.ibge.gov.br/cidades-e-estados/to/araguatins.html>. Acesso em: 24 abr. 2025.

IBGE. **Arapiraca (AL)**. 2023c. Disponível em: <https://www.ibge.gov.br/cidades-e-estados/al/arapiraca.html>. Acesso em: 24 abr. 2025.

IBGE. **Censo 2022**. 2022. Disponível em: <https://www.ibge.gov.br/estatisticas/sociais/saude/22827-censo-demografico-2022.html>. Acesso em: 24 abr. 2025.

IBGE. **Imperatriz (MA)**. 2023a. Disponível em: <https://www.ibge.gov.br/cidades-e-estados/ma/imperatriz.html>. Acesso em: 24 abr. 2025.

IBGE. **Imperatriz (MA)**. 2024. Disponível em: <https://www.ibge.gov.br/cidades-e-estados/ma/imperatriz.html>. Acesso em: 24 abr. 2025.

IBGE. **Parnaíba (PI)**. 2023b. Disponível em: <https://www.ibge.gov.br/cidades-e-estados/pi/parnaiba.html>. Acesso em: 24 abr. 2025.

IBGE. **Petrolina (PE)**. 2023e. Disponível em: <https://www.ibge.gov.br/cidades-e-estados/pe/petrolina.html>. Acesso em: 24 abr. 2025.

IMPERATRIZ. **Coleta seletiva alcançou quase 80 toneladas de recicláveis no primeiro bimestre de 2024**. 2024. Disponível em:

<https://imperatriz.ma.gov.br/noticias/meio-ambiente/coleta-seletiva-alcancou-quase-80-toneladas-de-reciclaveis-no-primeiro-bimestre-de-2024.html>. Acesso em: 24 abr. 2025.

JACOBI, P.R.; BESEN, G.R. Gestão de resíduos sólidos em São Paulo: desafios da sustentabilidade. **Estudos avançados**, v. 25, n. 71, p. 135-158, 2011.

JARDIM, A. Política nacional, gestão e gerenciamento de resíduos sólidos. São Paulo: Editora Manole, 2012

LEITE, P. R. **Logística reversa**: meio ambiente e competitividade. São Paulo: Prentice Hall, 2003.

LONGHIN, S.R. Resíduos sólidos urbanos no município de Imperatriz - MA: uma análise da situação atual. Estudos de caso. **Revista Gestão e Sustentabilidade Ambiental**, 2018.

MOREIRA, Z. **Simplicio Moreira**: precursor do desenvolvimento de Imperatriz. Imperatriz: Ética, 2007

NETO, P.N. ; MOREIRA, T.A. Política Nacional de Resíduos Sólidos: reflexões acerca do novo marco regulatório nacional. **Revista Brasileira de Ciências Ambientais**. São Paulo, 15 ed., p. 10-19, 2010

PNUMA. **Panorama global do manejo de resíduos em 2024**. 2024. Disponível em: https://wedocs.unep.org/bitstream/handle/20.500.11822/44939/global_waste_management_outlook_2024.pdf?sequence=3. Acesso em: 24 abr. 2025.

ROGERS, D. S.; TIBBEN-LEMBKE, R. S. **Going Backwards**: Reverse Logistics Trends and Practices. Reverse Logistics Executive Council, 1998

SCHENINI, P.C. **Logística reversa**: estudo de caso. In: Gestão Ambiental Sócio Empresarial. Florianópolis: Ed. Papa Livros, 2005

SILVA, M. A. .; MORAES, M. B. .; SILVA, J. L. . Análise do plano de gestão integrada de resíduos sólidos de Imperatriz (MA) para o gerenciamento de resíduos sólidos urbanos. **Journal of Urban Technology and Sustainability**, [S. l.], v. 2, n. 1, p. 37– 47, 2019

SILVA, N. R. **Logística reversa**: uma abordagem acerca das vantagens e desvantagens de sua implantação e utilização como diferencial competitivo no mercado. 2022. Disponível em: <https://www.unirv.edu.br/conteudos/fckfiles/files/NATIELLE%20-%20LOGISTICA%20REVERSA.pdf>. Acesso em: 24 abr. 2025.

SILVEIRA, A.L. **De volta ao ciclo**: tecnologias para a reciclagem de resíduos. São Paulo: InterSaberes, 2021

SINIR. **Relatório Municipal de Gestão de Resíduos Sólidos**. 2025. Disponível em: <https://sinir.gov.br/relatorios/municipal/>. Acesso em: 24 abr. 2025.

SISTEMA NACIONAL DE INFORMAÇÕES SOBRE A GESTÃO DOS RESÍDUOS SÓLIDOS. **O que é Logística Reversa**. 2025. Disponível em: <https://sinir.gov.br/perfis/logistica-reversa/logistica-reversa/> Acesso em: 24 abr. 2025.

SINISA. **SINISA - Série Histórica**. 2025. Disponível em: <https://app4.cidades.gov.br/serieHistorica/>. Acesso em: 24 abr. 2025.

STOCK, J. R. **Development and implementation of reverse logistics programs**. United States of America: Council of Logistics Management, 1998.

VAZ, L. **Educação Ambiental e Logística Reversa**. 2012, 9f. Monografia (Graduação em Engenharia Ambiental) - Universidade Federal de São Carlos-UFSCar, São Carlos, 2012.

VEIGA, M. M. Analysis of efficiency of waste reverse logistics for recycling. **Waste Management & Research**, v. 31, supl. 10, p. 26–34, out. 2013.

VIANA, L.O. **A logística reversa e o tratamento de Pneus Inservíveis no Estado do Piauí**. 2009. Dissertação (Mestrado em Administração de Empresas), Universidade de Fortaleza. Fortaleza, 2009.

ANEXOS

Anexo A: Questionário misto para gestores, cooperados e empresas

QUESTIONÁRIO MISTO (PARA GESTORES, COOPERADOS E EMPRESAS)

Formato: *Online (Google Forms)*

SEÇÃO 1 – DADOS DEMOGRÁFICOS

Cargo/Função: _____

Tempo de atuação no setor: () <1 ano () 1–5 anos () >5 anos

SEÇÃO 2 – ESCALA LIKERT (1–5)

Numa escala de 1 a 5, responda as afirmações a seguir:

AFIRMAÇÃO	NOTA
Os indicadores atuais de logística reversa refletem adequadamente a realidade.	(____)
A infraestrutura disponível é suficiente para atender à demanda de resíduos.	(____)
Há infraestrutura adequada (PEVs, galpões, veículos) para a logística reversa	(____)
A prefeitura oferece capacitação regular aos envolvidos na cadeia de reciclagem.	(____)
A população está bem informada sobre como participar da coleta seletiva.	(____)
Empresas e cooperativas colaboram efetivamente entre si.	(____)
(1 = Discordo Totalmente; 5 = Concordo Totalmente)	

SEÇÃO 3 – PERGUNTAS ABERTAS

Liste até 3 indicadores que, na sua opinião, deveriam ser incluídos no PMGIRS para melhorar a gestão de resíduos.

Qual o principal entrave para a logística reversa em Imperatriz?

Anexo B: Roteiro de entrevista semiestruturada**ROTEIRO DE ENTREVISTA SEMIESTRUTURADA**

Público: Gestores públicos, cooperativas de catadores, empresas privadas.

Duração: 30–45 minutos.

Políticas Públicas

- Quais ações de logística reversa estão formalmente previstas no PMGIRS de Imperatriz? Elas são implementadas na prática?

- Existem parcerias entre prefeitura, empresas e cooperativas para viabilizar a logística reversa? Descreva como funcionam.

Dificuldades Operacionais

- Quais são os principais desafios para ampliar a coleta seletiva e a logística reversa no município?" (Infraestrutura, custos, educação populacional).

- Como é feita a divulgação dos pontos de coleta à população?

Indicadores de Desempenho

- Quais métricas são usadas para monitorar o sucesso das ações de logística reversa? Elas são adequadas?

- Há metas estabelecidas? Se sim, estão sendo cumpridas?

Sugestões de Melhoria

- O que poderia ser feito para aumentar a eficiência da logística reversa em Imperatriz?

Anexo C: Artigo

REVISTA
DESAFIOS

ISSN 2359-3652

V.4, n.1, janeiro/2019. ISSN nº 2594-7494

1

REVISTA
DESAFIOS

ISSN: 2359-3652

V.X, n.X, MÊS/20XX – DOI: <http://dx.doi.org/10.20873/XXXXXXX>

[Revista Desafios – v. 02, n. 1, 2023](#)

ESTUDO SOBRE INDICADORES DE DESEMPENHO E PROPOSTAS DE MELHORIA PARA A GESTÃO DE RESÍDUOS SÓLIDOS

REVERSE LOGISTICS EFFICIENCY IN IMPERATRIZ, MA: A STUDY ON PERFORMANCE INDICATORS AND PROPOSALS FOR IMPROVEMENTS IN SOLID WASTE MANAGEMENT

EFICIENCIA DE LA LOGÍSTICA INVERSA EN IMPERATRIZ, MA: ESTUDIO DE INDICADORES DE DESEMPEÑO Y PROPUESTAS PARA MEJORAR LA GESTIÓN DE RESIDUOS SÓLIDOS

Raniery Ramos Pereira

Mestrando em Engenharia Ambiental pelo Programa de Pós graduação em Engenharia Ambiental. Universidade Federal do Tocantins (UFT). E-mail: fulano@fulano.com.br | [Orcid.org/0000-0000-000-0000](https://orcid.org/0000-0000-000-0000)

Joel Carlos Zukowski Junior

Professor em Engenharia Ambiental do Departamento de Programa de Pós-Graduação em Engenharia Ambiental. Universidade Federal do Tocantins (UFT). E-mail: zukowski@uft.edu.br | [Orcid.org/0000-0000-](https://orcid.org/0000-0000-000-0000)

RESUMO:

O presente estudo tem como objetivo avaliar os indicadores de desempenho da logística reversa no sistema de coleta seletiva de Imperatriz-MA, considerando eficiência, sustentabilidade e inclusão social dos catadores, com base na Política Nacional de Resíduos Sólidos (PNRS) e ao Plano Municipal de Gestão Integrada de Resíduos Sólidos (PMGIRS). A pesquisa, de caráter exploratório e documental com abordagem qualitativa e métodos mistos, utilizou análise documental de PMGIRS, entrevistas semiestruturadas com gestores públicos, cooperativas e empresas, e questionários aplicados a 12 atores-chave, incluindo a Secretaria de Meio Ambiente (SEMMARH), Associação dos Catadores de Materiais Recicláveis de Imperatriz (ASCAMARI) e empresas como Valor da Logística Integrada (VLI) e Suzano Papel e Celulose. A análise de conteúdo e estatística descritiva permitiu comparar os dados com cidades de médio porte e identificar gargalos operacionais. Os resultados indicam que os indicadores atuais, como volume de resíduos coletados e percentual reciclado, são limitados, negligenciando impactos sociais e ambientais (Câmara de Dirigentes Lojistas - CDL, VLI). Gargalos incluem infraestrutura insuficiente, especialmente em áreas periféricas (ASCAMARI, VLI), baixa conscientização populacional (Reciclagem São Lucas) e falta de integração entre agentes (Grupo Mateus). As parcerias, como com a ASCAMARI, são positivas, mas carecem de coordenação. O PMGIRS apresenta metas, como o desligamento do lixão, mas sua implementação é parcial devido à falta de recursos e fiscalização. Portanto, a pesquisa foi bem-sucedida em mapear ineficiências e propor melhorias, como ampliação de Pontos de Entrega Voluntária (PEVs), campanhas educativas e incentivos fiscais. Contudo, limitações como dados incompletos e ausência de comparações diretas com outras cidades restringem a análise. Estudos futuros podem explorar indicadores e parcerias intermunicipais para aprimorar a gestão de resíduos em Imperatriz.

PALAVRAS CHAVE: Logística Reversa. Gestão de Resíduos. Indicadores de Desempenho.

ABSTRACT:

This study aims to evaluate the performance indicators of reverse logistics in the selective waste collection system of Imperatriz, Maranhão, considering efficiency, sustainability, and social inclusion of waste pickers, based on the National Solid Waste Policy (PNRS) and the Municipal Integrated Solid Waste Management Plan (PMGIRS). This exploratory and documentary research, with a qualitative approach and mixed methods, used document analysis from PMGIRS, semi-structured interviews with public administrators, cooperatives, and companies, and questionnaires administered to 12 key stakeholders, including the Department of the Environment (SEMMARH), the Imperatriz Recyclable Materials Collectors Association (ASCAMARI), and companies such as Valor da Logística Integrada (VLI) and Suzano Papel e Celulose. Content analysis and descriptive statistics allowed for comparison with mid-sized cities and identification of operational bottlenecks. The results indicate that current indicators, such as volume of waste collected and percentage recycled, are limited, neglecting social and environmental impacts (Câmara de Dirigentes Lojistas - CDL, VLI). Bottlenecks include insufficient infrastructure, especially in peripheral areas (ASCAMARI, VLI), low public awareness (Reciclagem São Lucas), and a lack of integration between stakeholders (Grupo Mateus). Partnerships, such as with ASCAMARI, are positive but lack coordination. The PMGIRS presents goals, such as shutting down the landfill, but their implementation is partial due to a lack of resources and oversight. Therefore, the research was successful in mapping inefficiencies and proposing improvements, such as expanding Voluntary Delivery Points (PEVs), educational campaigns, and tax incentives. However, limitations such as incomplete data and the lack of direct comparisons with other cities limit the analysis. Future studies can explore indicators and intermunicipal partnerships to improve waste management in Imperatriz.

KEYWORDS: Reverse Logistics. Waste Management. Performance Indicators.

RESUMEN:

Este estudio tiene como objetivo evaluar los indicadores de desempeño de la logística inversa en el sistema de recolección selectiva de residuos de Imperatriz, Maranhão, considerando la eficiencia, sostenibilidad e inclusión social de los recicladores, con base en la Política Nacional de Resíduos Sólidos (PNRS) y el Plan Municipal de Gestão Integrada de Resíduos Sólidos (PMGIRS). Esta investigación exploratoria y documental, con un enfoque cualitativo y métodos mixtos, utilizó el análisis de documentos del PMGIRS, entrevistas semiestructuradas con administradores públicos, cooperativas y empresas, y cuestionarios administrados a 12 actores clave, incluyendo la Secretaria de Medio Ambiente (SEMMARH), la Asociación de Recolectores de Materiales Reciclables de Imperatriz (ASCAMARI) y empresas como Valor da Logística Integrada (VLI) y Suzano Papel e Celulose. El análisis de contenido y las estadísticas descriptivas permitieron la comparación con ciudades de tamaño medio e identificar cuellos de botella operativos. Los resultados indican que los indicadores actuales, como el volumen de residuos recolectados y el porcentaje de reciclaje, son limitados, descuidando los impactos sociales y ambientales (Câmara de Dirigentes Lojistas - CDL, VLI). Los cuellos de botella incluyen infraestructura insuficiente, especialmente en áreas periféricas (ASCAMARI, VLI), baja concienciación pública (Reciclagem São Lucas) y falta de integración entre las partes interesadas (Grupo Mateus). Las alianzas, como la de ASCAMARI, son positivas, pero carecen de coordinación. El PMGIRS presenta objetivos, como el cierre del vertedero, pero su implementación es parcial debido a la falta de recursos y supervisión. Por lo tanto, la investigación logró identificar ineficiencias y proponer mejoras, como la expansión de los Puntos de Entrega Voluntaria (PEV), campañas educativas e incentivos fiscales. Sin embargo, limitaciones como datos incompletos y la falta de comparaciones directas con otras ciudades limitan el análisis. Estudios futuros pueden explorar indicadores y alianzas intermunicipales para mejorar la gestión de residuos en Imperatriz.

Palabras clave: Logística inversa. Gestión de residuos. Indicadores de desempeño

INTRODUÇÃO

O modo de produção do século XXI baseia-se nos preceitos capitais da produção em grande escala, deste modo, a população consome cada vez mais produtos industrializados, desde alimentação a vestuário. Nesse sentido, a produção de bens/serviços gera resíduos, tal como, o próprio consumo dos mesmos. O reflexo dessa lógica está representando na produção de Resíduos Sólidos (R.S.) segundo dados da Programa das Nações Unidas para o Meio Ambiente (PNUMA) em parceria com a International Solid Waste Association (ISWA) aponta no relatório Global Waste Management Outlook que em 2020, foram gerados 2,1 bilhões de toneladas de resíduos sólidos domiciliares, estima-se que até 2050 esse valor chegue a 3,8 bilhões (PNUMA, 2024).

Ainda sobre o relatório, o Brasil produz anualmente 120 milhões de resíduos sólidos e estima-se um crescimento de 50% nos próximos 30 anos. Para além da produção, há aspectos socioeconômicos relacionados a destinação dos R.S., pois uma em cada onze pessoas não dispõem do serviço público de coleta, ao mesmo passo que, não se possui locais adequados para o descarte, logo sendo descartados em terrenos baldios, meio ambiente, etc. (PNUMA, 2024).

Outro aspecto interessante no contexto brasileiro, é a forma que os resíduos sólidos são descartados dos 120 milhões de toneladas, mas deste montante 27,9 milhões são depositados a céu aberto que, por sua vez, contraria as normativas dispostas na Política Nacional de Resíduos Sólidos (PNRS) que visa erradicar os lixões a céu aberto. Segundo o relatório da Associação Brasileira de Resíduo e Meio Ambiente (Abrema) é de suma importância que entidades públicas e o setor privado firmem ações para reduzir, informar e possibilitar a separação, coleta e reciclagem (ABREMA, 2024).

Alvarenga e Rocha (2024) explicam que a falta de coordenação de ações públicas falha verticalmente, isto é, da união até os municípios e horizontalmente no que diz respeito às políticas/normas que regulam, mas não possuem recursos para instrumentalização plena, a exemplo disso, é possível relacionar o funcionamento da PNRS.

No Maranhão, o cenário da coleta e separação de resíduos sólidos é alarmante, segundo dados do Censo 2022, do Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE, 2023) 90% das famílias tem coleta direta ou indireta do lixo. Em Imperatriz, não há dados que apresentem a quantidade de resíduos sólidos descartados, a Prefeitura Municipal de Imperatriz, possui a Política Municipal de Gestão dos Resíduos Sólidos Domiciliares do Município de Imperatriz, tem como base a Lei 12.305/2010 que visa erradicar o descarte inadequado, ampliar o acesso a todos cidadãos a coleta dos resíduos sólidos (Imperatriz, 2024).

Partindo do pressuposto, entende-se que há urgência para adequação da coleta dos resíduos e, por consequência, sua reciclagem. Destarte, a Logística Reversa (L.R.) apresenta-se como ferramenta para redução dos impactos. Segundo o Ministério do Meio Ambiente e Mudança do Clima (2024, s.p.) “a Logística Reversa é um instrumento de desenvolvimento econômico e social caracterizado por um conjunto de ações, procedimentos e meios destinados a viabilizar a coleta e a restituição dos resíduos sólidos ao setor empresarial”.

Contudo, Silva (2022) alerta que o conceito de L.R. é amplo e aplica-se em diversas áreas do conhecimento, especialmente, nas ciências sociais aplicadas e ciências exatas, especificamente, nas engenharias. Para este contexto, utilizou-se o conceito

de Stock (1998) que entende a L.R. como um sistema linear contínuo, onde o processo de planejamento compreenda as demandas locais e busque alternativas para reintrodução dos materiais coletados.

Portanto, surgem algumas questões diante do disposto acima, como: há uma gestão de resíduos sólidos em Imperatriz-MA? Quais as normas, leis e políticas que regem a coleta e separação? A gestão resíduos sólidos é suficiente para a produção de resíduos em Imperatriz-MA? A partir das lacunas de informações e demandas por eficiência na gestão dos resíduos sólidos, justifica-se a proposta deste estudo.

Logo, objetivo geral é avaliar os indicadores de desempenho para a logística reversa no sistema de coleta seletiva do município de Imperatriz, Maranhão, com foco na da eficiência, sustentabilidade e inclusão social dos catadores de materiais recicláveis com base nos princípios da Política Nacional de Resíduos Sólidos e a Política Municipal de Gestão dos Resíduos Sólidos Domiciliares do Município de Imperatriz.

METODOLOGIA

A pesquisa caracteriza-se como exploratória e documental, com abordagem qualitativa e analítica dedutiva, visando compreender a logística reversa de resíduos sólidos em instrumentos de planejamento municipal, com foco em Imperatriz, Maranhão. A natureza exploratória justifica-se pela ausência de um modelo padronizado para indicadores de logística reversa, utilizando documentos oficiais, como os Planos Municipais de Gestão Integrada de Resíduos Sólidos (PMGIRS), e dados secundários de cidades médias (200.000 a 400.000 habitantes), priorizando a Região Nordeste. A análise documental, baseada em PMGIRS e outros documentos públicos, foi central devido à legitimidade dessas fontes, aprovadas em audiências públicas e de acesso livre, permitindo mapear práticas e indicadores de gestão de resíduos.

O locus da pesquisa é Imperatriz, localizada no sudoeste do Maranhão, um polo comercial, educacional e logístico da Região Metropolitana do Sudoeste Maranhense, com crescimento impulsionado por três ciclos econômicos desde 1950: arroz (1950-1980), madeira (1970-1981) e ouro (década de 1980). O Ciclo do Arroz marcou a expansão agrícola, com Imperatriz atingindo 66 mil hectares cultivados e 100 mil toneladas de grãos, enquanto a urbanização cresceu de 11,59% (1950) para 22,94% (1960), triplicando a população. O Ciclo da Madeira intensificou a exploração florestal, beneficiada pela Rodovia Belém-Brasília, e o Ciclo do Ouro consolidou a cidade como fornecedora de insumos para garimpos, como Serra Pelada. Esses ciclos geraram crescimento econômico e populacional, mas também desafios como urbanização desordenada e desabastecimento.

A coleta de dados envolveu análise documental, entrevistas semiestruturadas e questionários, com foco em indicadores de logística reversa. A análise documental examinou PMGIRS de Imperatriz e outros municípios, organizando indicadores em categorias como embalagens, logística reversa e coleta seletiva. Entrevistas com gestores, cooperativas e empresas exploraram políticas, desafios e sugestões, enquanto questionários (30 respostas válidas) avaliaram clareza e viabilidade de indicadores, utilizando escalas Likert e análise estatística. A triangulação dos métodos revelou consistências e discrepâncias entre documentos, percepções e práticas. Limitações incluíram dificuldades de acesso a dados atualizados e baixa adesão de empresas privadas, impactando a precisão de alguns indicadores.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Para comparar os indicadores de desempenho de logística reversa, optou-se por uma análise quantitativa de cidades médias da região norte e nordeste. Para a seleção das cidades, foram utilizados critérios de população, renda per capita, PIB e IDH, tal como, uma análise de dados socioeconômicos disponibilizados pelo Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE) e Programa das Nações Unidas para o Desenvolvimento (PNUD). Nesse sentido, escolheu-se as cidades de Parnaíba (Piauí), Arapiraca (Alagoas), Araguaína (Tocantins) e Petrolina (Pernambuco).

Imperatriz possui uma população de 273 mil pessoas, aproximadamente, com renda per capita de R\$ 28.500, PIB de R\$ 7,126 bilhões e IDH de 0,731. A economia local é mista, mas assentada sobre o comércio, serviços e o agronegócio. Para além disso, a cidade é intersecção geográfica entre grandes centros, ou seja, há uma enorme movimentação econômica, de pessoas e produtos (IBGE, 2023a). Deste modo, as cidades selecionadas desempenham funções e modelos socioeconômicos parecidos. Em Parnaíba, em Piauí, residem 153 mil habitantes, mas com população rotativa, pois a cidade é centro logístico do litoral piauiense e polo educacional, especialmente, do ensino superior. A renda per capita é de R\$ 25.000, PIB, estimado em R\$ 4,5 bilhões e IDH de 0,717. O mercado é composto de serviços, comércio e agropecuária. Outro aspecto relevante para escolha são os bons indicadores de saúde e educação, em paralelo, há a crescente demanda por turismo na região que se interliga com Luís Correia que faz parte do Delta do Parnaíba¹ (IBGE, 2023b).

Arapiraca, em Alagoas, é a segunda escolha em função da sua demografia aproximada de 230 mil habitantes, economia baseada em agronegócio, especialmente de agropecuária e tabaco. A renda per capita é de R\$ 26.000, PIB de R\$ 6,2 bilhões e o IDH de 0,704. A escolha dessa cidade se deu pela sua similaridade econômica, desenvolvimento e qualidade de vida em relação a saúde e educação, além de integrar rotas importantes (IBGE, 2023c).

Araguaína, no Tocantins, é a cidade mais próxima dos indicadores de Imperatriz, além de sua proximidade geográfica, rede econômica e economia. A cidade possui 183.000 habitantes, é ligeiramente menor que Imperatriz, mas está dentro da faixa de cidades regionais comparáveis. A renda per capita, cerca de R\$ 29.000, o PIB de R\$ 5,8 bilhões e IDH de 0,731. A Araguaína é justificada como escolha por sua função como centro comercial, agronegócio, polo de exportação de soja e rota logística (IBGE, 2023d).

Petrolina, em Pernambuco, foi selecionada pela sua proximidade demográfica e a geografia do Vale do São Francisco e suas dinâmicas econômicas. A população é de cerca de 294.000 habitantes, renda per capita de aproximadamente R\$ 30.000, impulsionada pela agricultura irrigada (uvas e mangas para exportação) e comércio, o PIB de R\$ 8,9 bilhões e o IDH de 0,736 (IBGE, 2023e). A cidade foi escolhida por sua relevância como hub regional, com uma base econômica agrícola e comercial que se alinha ao perfil de Imperatriz. Em linhas gerais, os dados estão dispostos na Tabela 1 seguir:

Tabela 1 - Cidades Similares a Imperatriz, Maranhão

CIDADE	POPULAÇÃO	REND A PER CAPITA (R\$)	PIB (R\$ BILHÕES)	IDH
--------	-----------	-------------------------	-------------------	-----

¹ O Delta do Rio Parnaíba ou Delta das Américas corresponde à foz do Rio Parnaíba e está situado entre os estados brasileiros do Maranhão e Piauí. A foz abre-se em cinco braços, envolvendo 73 ilhas fluviais.

Imperatriz, MA	273.000	28.500	7,126	0,731
Parnaíba, PI	153.000	25.000	4,5	0,717
Arapiraca, AL	230.000	26.000	6,2	0,704
Araguaína, TO	183.000	29.000	5,8	0,731
Petrolina, PE	294.000	30.000	8,9	0,736

Fonte: IBGE, 2023

Portanto, Parnaíba, Arapiraca, Araguaína e Petrolina foram selecionadas por apresentarem indicadores de população (153.000 a 294.000), renda per capita (R\$ 25.000 a R\$ 30.000), PIB (R\$ 4,5 a R\$ 8,9 bilhões) e IDH (0,704 a 0,736) próximos aos de Imperatriz, além de desempenharem papéis semelhantes como polos regionais. Essas cidades refletem a combinação de proximidade numérica e semelhança no papel socioeconômico, tornando-as comparáveis a Imperatriz.

AVALIAÇÃO DA EFICIÊNCIA DA LOGÍSTICA REVERSA EM IMPERATRIZ-MA

Para avaliar a eficiência da logística reversa foram utilizados dados da SINIR e SINISA, observando oito elementos: quantidade de resíduos recicláveis coletados seletivamente; taxa de recuperação de materiais; cobertura da coleta seletiva; efetividade das ações de logística reversa; grau de articulação entre atores envolvidos; infraestrutura para triagem e destinação de resíduos; participação social e engajamento da população; e comparação com indicadores de outros municípios. Analisando os achados, Imperatriz, no Maranhão, sobressai-se pela notável execução e eficácia de sua estrutura de logística reversa para resíduos sólidos urbanos, figurando entre os municípios com melhor desempenho. Essa eficiência se manifesta por diversos aspectos estruturais, operacionais e institucionais, demonstrando uma gestão integrada e efetiva dos resíduos recicláveis (SINIR, 2025a; SINISA, 2025). Em números, a cidade registrou a coleta seletiva de cerca de 463 toneladas anuais de materiais recicláveis, o que já indica um volume de captação considerável. Ainda mais relevante é a taxa de recuperação de materiais, que chega a 79,55%, mostrando que a maior parte dos resíduos coletados é corretamente separada e encaminhada para reaproveitamento nas indústrias. Esse dado revela um sistema operacionalmente eficaz em relação as outras cidades, mas com potencial para melhorias (SINIR, 2025a; SINISA, 2025).

Outro fator importante é a abrangência da coleta seletiva, que atinge 93,8% da área urbana, colocando Imperatriz acima da média nacional. A universalização da coleta seletiva nas áreas urbanas é crucial para o sucesso da logística reversa, pois aumenta a quantidade de materiais coletados que podem ser reaproveitados e facilita o trabalho de cooperativas e empresas envolvidas (SINIR, 2025a; SINISA, 2025).

No âmbito institucional, a cidade possui uma infraestrutura bem organizada, com 12 Pontos de Entrega Voluntária (PEVs) e parcerias com 72 empresas locais, formando uma extensa rede de colaboração entre diferentes setores. A ASCAMARI (Associação de Catadores de Materiais Recicláveis de Imperatriz), com 54 catadores, tem um papel fundamental na operação do sistema, evidenciando a importância das organizações da sociedade civil na implementação de políticas públicas de resíduos sólidos eficazes (SINIR, 2025a; SINISA, 2025).

A união entre os diversos participantes — governo municipal, setor privado e sociedade civil organizada — também contribui para a eficiência do sistema. Essa gestão colaborativa proporciona maior alcance, continuidade das ações e divisão de

responsabilidades, princípios essenciais da Política Nacional de Resíduos Sólidos (Lei nº 12.305/2010) (BRASIL, 2010; SINIR, 2025a; SINISA, 2025).

A cidade de Imperatriz demonstra um sistema de administração de logística reversa que funciona bem e pode ser usado em outros lugares, principalmente em cidades médias. Deste modo, entende-se que o funcionamento da logística reversa funcionar adequadamente é necessário estrutura, parcerias, recursos e investimento em supervisão e tecnologia, tal como, universalizar a coleta, mas dar fim adequado aos RSU (SINIR, 2025a; SINISA, 2025).

PRINCIPAIS DIFICULDADES ENCONTRADAS

A análise comparativa não apresenta corretamente a realidade das cidades arroladas, uma vez que, existem lacunas de informação nos dados publicados. Outro aspecto relevante, é a falta de dados atualizados, desde 2020 os dados do SINIR não foram atualizados, acredita-se que devido as questões, como: a pandemia do Covid-19 que paralisou diversos serviços; a não obrigatoriedade nos anos subsequentes e a inércia dos municípios em encaminhar os relatórios; e a gestão inoperante dos ministérios responsáveis do período (SINIR, 2025a; SINIR, 2025b).

É de suma importância pontuar que, em 2024, foi delimitado um prazo de entrega dos relatórios, mas que foi prorrogada posteriormente para 15 de maio de 2025, no entanto, com baixíssima adesão (SINIR, 2025b). Destarte, a pesquisa empreendeu a aplicação de questionários para gestores, cooperados e empresas e a entrevista com roteiro semiestruturado para caracterizar o panorama geral do município de Imperatriz-MA.

A logística reversa ainda é um desafio para as políticas públicas, especialmente no que tange os RSU, pois há uma carência de estrutura desde a coleta a destinação adequada e este cenário é o reflexo do cotidiano brasileiro (Couto; Lange, 2017).

No contexto imperatrizense, há sistemas e estruturas para coleta, triagem e destinação, mas esta não é suficiente, pois abrange em quase totalidade os espaços urbanos, mas não chega para famílias em áreas rurais e, quando chega, é um serviço de precário, onde os moradores optam pelo descarte inadequado (Silva *et al.*, 2019). No município, o Plano Diretor de Imperatriz (Lei Complementar Nº 001 /2018) dispõe de alguns de deveres que ora se efetivam em partes, ora não executados, in verbis:

Art.77. São diretrizes para a política de Resíduos Sólidos:

- I. A fiscalização e o controle dos processos de geração de resíduos sólidos, incentivando a busca de alternativas ambientalmente adequadas;
- II. A garantia do direito de toda a população, prioritariamente dos assentamentos não urbanizados, à equidade na prestação dos serviços regulares de coleta de lixo;
- III. A promoção da sustentabilidade ambiental, social e econômica na gestão dos resíduos;
- IV. A garantia de desenvolvimento, no Plano Municipal de Resíduos Sólidos, e estabelecimento de metas e procedimentos de reintrodução crescente no ciclo produtivo dos resíduos recicláveis, tais como metais, papéis e plásticos, e a compostagem de resíduos orgânicos (Câmara Municipal de Vereadores, 2018).

Dentre os elementos dispostos no artigo 77, o inciso II e IV são cumpridos parcialmente, pois não há equidade para todos os cidadãos, principalmente, em áreas não urbanizadas, tal como, a garantia do que preconiza o Plano Municipal de Resíduos Sólidos quanto as metas e estratégias, seja pela falta de interesse público

ou pela insuficiência da máquina estatal. Deste modo, cabe os resultados das entrevistas caracterizarem em detalhes a percepção dos agentes que executam a gestão do RSU.

ANÁLISE DAS ENTREVISTAS

Foram realizadas 12 entrevistas com os gestores responsáveis em empresas privadas, associações, cooperativas e órgãos públicos, como a Secretaria Municipal de Meio Ambiente e Recursos Hídricos (SEMMARH), Suzano Papel e Celulose, Reciclagem São Lucas, Associação dos Catadores de Materiais Recicláveis de Imperatriz (ASCAMARI), Câmara de Dirigentes Lojistas (CDL) de Imperatriz, entre outros.

Para realizar a análise, foram organizadas em quatro categorias: políticas públicas; dificuldades operacionais; indicadores de desempenho; e a percepção dos participantes conforme a escala de Likert. Este estudo analisa a eficiência da logística reversa no município com base em um questionário misto e entrevistas semiestruturadas aplicados a gestores públicos, cooperativas de catadores e empresas privadas.

POLÍTICAS PÚBLICAS

As políticas públicas descritas no PMGIRS e as parcerias entre prefeitura, empresas e cooperativas podem ser analisadas em dois eixos principais: as ações de logística reversa previstas no plano e sua implementação; e as parcerias estabelecidas entre prefeitura, empresas e cooperativas. As respostas coletadas, por sua natureza aberta, apresentaram percepções variadas, mas consistentes com esses dois temas, conforme apresentado na Tabela 2:

Tabela 2 - Eixos centrais sobre a percepção dos entrevistados quanto as políticas públicas

PERGUNTA	RESPOSTAS
Ações de logística reversa previstas no PMGIRS e sua implementação	Coleta seletiva, PEVs e parcerias com cooperativas estão previstos, mas a implementação é parcial devido à falta de recursos, fiscalização e infraestrutura (ASCAMARI, CDL, VLI, CAEMA). Ações específicas, como tratamento de resíduos hospitalares (Eficaz Ambiental, EcoService) e de saneamento (CAEMA), também enfrentam barreiras.
Parcerias entre prefeitura, empresas e cooperativas	Existem parcerias, como doações de recicláveis para ASCAMARI (Suzano, VLI, Grupo Mateus) e coleta municipal de resíduos secos (Suzano). No entanto, a coordenação é limitada, com falta de incentivos fiscais (CDL) e integração com pequenos geradores (Eficaz Ambiental, EcoService).

Fonte: autoria própria, 2025

Os resultados mostram, de forma que as ações previstas no PMGIRS de Imperatriz incluem iniciativas como coleta seletiva, pontos de entrega voluntária (PEVs), parcerias com cooperativas e tratamento de resíduos específicos (hospitalares e de saneamento), mas sua implementação é consistentemente descrita como parcial ou limitada.

A falta de fiscalização, recursos financeiros e infraestrutura adequada são apontadas como as principais barreiras por várias empresas envolvidas na pesquisa, destacam-se entre elas, ASCAMARI, CDL, VLI, CAEMA, Eficaz Ambiental e EcoService. A dependência de iniciativas privadas, como as do Grupo Mateus e VLI, sugere que o setor público não desempenha um papel de liderança efetivo na execução do PMGIRS. A ausência de conhecimento sobre o plano por parte de alguns atores

(Reciclagem São Lucas, Ressel, Suzano) indica uma falha na comunicação e engajamento, o que compromete a eficácia das políticas públicas.

As parcerias entre prefeitura, empresas e cooperativas existem, mas são marcadas por fragilidades. Exemplos positivos incluem a triangulação entre VLI, Suzano e ASCAMARI, onde materiais recicláveis, como vidro e metais, são doados e destinados a cooperativas ou empresas como a Reecicle em Recife. No entanto, a maioria dos entrevistados (CDL, Grupo Mateus, Eficaz Ambiental, EcoService) destacam a falta de coordenação centralizada e incentivos, como benefícios fiscais, para ampliar a participação de empresas e pequenos geradores.

A limitação de recursos, como a existência de apenas um caminhão municipal para coleta (Suzano), e a ausência de integração com setores como saneamento (CAEMA) ou saúde (Eficaz Ambiental, EcoService) reforçam a necessidade da ação do estado. Destarte, é perceptível algumas problemáticas quanto aos agentes/parceiros que operacionalizam a gestão do RSU.

DIFICULDADES OPERACIONAIS

As principais barreiras para ampliar a coleta seletiva e a logística reversa em Imperatriz são organizadas em dois eixos (vide Tabela 3): os desafios relacionados à expansão da coleta seletiva e da logística reversa; e a divulgação dos pontos de coleta.

Tabela 3 - Eixos centrais sobre a percepção dos entrevistados quanto as dificuldades operacionais

PERGUNTA	RESPOSTAS
Principais desafios para ampliar a coleta seletiva e logística reversa	- Infraestrutura limitada, especialmente em áreas periféricas (ASCAMARI, VLI). - Baixa conscientização da população (Reciclagem São Lucas, CDL, CAEMA). - Falta de integração entre agentes da cadeia (ASCAMARI, Grupo Mateus). - Ausência de incentivos fiscais e fiscalização (CDL, Eficaz Ambiental).
Divulgação dos pontos de coleta	Redes sociais, panfletos e campanhas em escolas (SEMMARH, ASCAMARI), mas com alcance limitado. Divulgação "boca a boca" é comum (Suzano, Ressel). A prefeitura tem papel secundário (CDL, CAEMA).

Fonte: autoria própria, 2025

As dificuldades operacionais para ampliar a coleta seletiva e a logística reversa em Imperatriz, conforme identificado pelos entrevistados, revelam um cenário complexo marcado por barreiras estruturais, educacionais e de gestão.

A infraestrutura limitada é um entrave recorrente, com destaque para a insuficiência de pontos de entrega voluntária (PEVs), galpões e veículos, especialmente em bairros periféricos e áreas rurais (ASCAMARI, VLI, SEMMARH), o que compromete a capacidade de atender à demanda de resíduos, incluindo os específicos como hospitalares (Eficaz Ambiental, EcoService) e de construção civil (Reciclagem São Lucas).

A baixa conscientização da população sobre a separação correta de resíduos é outro desafio crítico, agravado pela divulgação insuficiente dos pontos de coleta, que depende de métodos esporádicos como redes sociais, panfletos e campanhas pontuais em escolas (SEMMARH, ASCAMARI), ou até mesmo do "boca a boca" (Suzano, Ressel), com pouca liderança da prefeitura (CDL, CAEMA).

A falta de integração entre os agentes da cadeia de reciclagem (ASCAMARI, Grupo Mateus) e a ausência de incentivos fiscais ou regulamentação rigorosa (CDL, Eficaz Ambiental, EcoService) dificultam a adesão de empresas e pequenos geradores, enquanto a gestão política ineficiente (Suzano) e a falta de fiscalização (Reciclagem São Lucas) limitam a implementação do PMGIRS.

Esses fatores combinados resultam em um sistema fragmentado, onde a dependência de iniciativas privadas (Grupo Mateus, VLI) e cooperativas (ASCAMARI) compensa parcialmente a ausência de uma coordenação municipal.

INDICADORES DE DESEMPENHO

As métricas para monitoramento das ações de logística reversa em Imperatriz, sua adequação, o cumprimento das metas do Plano Municipal de Gestão Integrada de Resíduos Sólidos (PMGIRS) e as sugestões para novos indicadores são analisados em três categorias (Vide Tabela 4): métricas utilizadas e sua adequação; metas estabelecidas e seu cumprimento; e indicadores propostos para o PMGIRS.

Tabela 4 - Eixos centrais sobre a percepção dos entrevistados quanto aos indicadores de desempenho

PERGUNTA	RESPOSTAS
Métricas usadas e sua adequação	Volume de resíduos coletados (SEMMARH, ASCAMARI, VLI), renda gerada (ASCAMARI), percentual reciclado (VLI, Eficaz Ambiental) e redução de custos (Grupo Mateus). As métricas são úteis, mas não abrangem impactos sociais, ambientais ou financeiros de forma integrada (CDL, VLI, CAEMA).
Metas estabelecidas e cumprimento	Metas existem (ex.: redução de resíduos em aterros, desligamento do lixão - SEMMARH), mas o cumprimento é parcial devido à falta de recursos e planejamento (ASCAMARI, CDL).
Indicadores sugeridos para o PMGIRS	- Volume de resíduos coletados/reaproveitados/descartados (Suzano, ASCAMARI, Grupo Mateus). - Taxa de recuperação/reciclagem (ASCAMARI, VLI). - Percentual de empresas participantes (CDL, Eficaz Ambiental). - Impacto educacional (ASCAMARI, Ressel). - Resíduos hospitalares e de saneamento (Eficaz Ambiental, CAEMA).

Fonte: autoria própria, 2025

Os entrevistados destacam que as métricas predominantes, como volume de resíduos coletados (SEMMARH, ASCAMARI, VLI, Grupo Mateus, Eficaz Ambiental, EcoService, MB Limpeza Urbana), renda gerada pelas cooperativas (ASCAMARI) e percentual de resíduos reciclados (VLI, Eficaz Ambiental), são úteis para avaliar aspectos operacionais, mas insuficientes para capturar impactos sociais, ambientais e financeiros, conforme apontado por CDL, VLI e CAEMA.

A ausência de indicadores que mensurem conscientização populacional (MB Limpeza Urbana) ou adesão de empresas e pequenos geradores (CDL, Eficaz Ambiental) é uma lacuna recorrente. Além disso, embora metas como redução de resíduos em aterros e desligamento do lixão municipal (SEMMARH) estejam previstas no PMGIRS, seu cumprimento é parcial devido à falta de recursos, planejamento integrado e fiscalização, conforme indicado por ASCAMARI e CDL. Há sugestões de novos indicadores, como taxa de recuperação de resíduos (ASCAMARI, VLI), adesão de empresas (CDL) e impacto educacional (Ressel, ASCAMARI), revelam a percepção de que o sistema necessita de métricas mais holísticas para orientar a gestão de resíduos de forma eficaz.

PERCEPÇÃO DOS PARTICIPANTES SOBRE A LOGÍSTICA REVERSA E A GESTÃO DE RSU CONFORME A ESCALA DE LIKERT

Para compreender a percepção dos participantes em relação a logística reversa e a gestão de RSU, utilizou-se a escala de likert (1 = Discordo Totalmente; Discordo - 2, Indiferente/neutro = 3; Concordo = 4; e 5 = Concordo Totalmente) sobre aspectos da logística reversa e a gestão de RSU, conforme apresentado na Tabela 5.

Tabela 5 - Percepção dos participantes sobre da logística reversa e a gestão de RSU

RESPOSTAS	MÉDIA	DESVIO PADRÃO
Os indicadores atuais de logística reversa refletem adequadamente a realidade.	3,0	0,95
A infraestrutura disponível é suficiente para atender à demanda de resíduos.	3,2	1,14
Há infraestrutura adequada (PEVs, galpões, veículos) para a logística reversa.	3,3	1,15
A prefeitura oferece capacitação regular aos envolvidos na cadeia de reciclagem.	1,9	0,90
A população está bem informada sobre como participar da coleta seletiva.	2,3	0,65
Empresas e cooperativas colaboram efetivamente entre si.	2,9	0,90

Fonte: autoria própria, 2025

Os resultados mostraram que a percepção dos envolvidos sobre os indicadores de desempenho da logística reversa em Imperatriz revela uma visão crítica, com uma média de 3.0 na escala Likert (1 a 5) para a afirmação de que os indicadores atuais refletem adequadamente a realidade, indicando uma avaliação mista.

Uma entidade consultada (nota 1) considera os indicadores insuficientes para capturar a complexidade do sistema, enquanto outras (nota 4) os veem como parcialmente adequados, mas limitados. As métricas mais utilizadas, como volume de resíduos coletados, renda gerada pelas cooperativas e percentual de resíduos reciclados, são reconhecidas como úteis. No entanto, algumas entidades consultadas destacam que essas métricas negligenciam aspectos sociais, ambientais e financeiros, como o impacto na conscientização da população ou a eficiência operacional.

PROPOSTAS DE MELHORIAS

Com base nos resultados da pesquisa e na literatura científica, propõe-se um conjunto de melhorias para a logística reversa em Imperatriz, focando em cinco eixos principais: Infraestrutura; Modelos de Logística Reversa; Educação Ambiental; Governança e Políticas Públicas; e Inovação e Inclusão Digital.

Quadro 1: Proposta de melhoria

CATEGORIA	PROPOSTA
1. Infraestrutura	Meta clara: Instalar pelo menos X novos PEVs (Pontos de Entrega Voluntária) em bairros periféricos em 12 meses. Ação imediata: Mapear, em até 90 dias, áreas de maior geração de recicláveis e baixa cobertura de coleta. Investimento direcionado: Buscar recursos via editais estaduais/federais (ex.: FNMA, BNDES) para compra de caminhões de coleta adaptados. Parceria com setor privado: Criar editais de cooperação público-privada para patrocínio de galpões e maquinário (prensas, esteiras, balanças). Indicador: % de aumento na quantidade de recicláveis coletados/mês por nova infraestrutura instalada.
2. Modelos de	Implantação de rotas otimizadas: Usar software gratuito ou de baixo

Logística Reversa	custo (ex.: Google My Maps, QGIS) para definir rotas que reduzam o consumo de combustível e o tempo de coleta. Piloto de logística compartilhada: Criar um projeto-piloto com empresas locais para transporte conjunto de recicláveis, diminuindo custos. Acordos formais: Firmar contratos com grandes geradores (supermercados, escolas, feiras) para coleta programada. Indicador: Redução em % dos custos operacionais de transporte por tonelada coletada.
3. Educação Ambiental	Campanha contínua: Lançar calendário anual de ações (em escolas, redes sociais, rádios comunitárias) com indicadores de alcance. Educação formal: Propor lei municipal incluindo disciplina eletiva sobre reciclagem e economia circular no ensino fundamental. Gamificação: Criar concurso entre escolas e bairros para maior volume de recicláveis coletados, com premiação em equipamentos escolares ou comunitários. Indicador: % de aumento na adesão à coleta seletiva após campanhas.
4. Governança e Políticas Públicas	Metas anuais obrigatórias: Estabelecer meta municipal de aumento de X% ao ano na taxa de reciclagem. Incentivos fiscais: Desconto no ISS ou IPTU para empresas que comprovem logística reversa efetiva. Capacitação de catadores: Criar programa municipal de certificação de competências (com foco em triagem, segurança do trabalho e uso de maquinário). Fiscalização ativa: Implantar sistema digital de denúncia de descarte irregular, com georreferenciamento e resposta rápida. Indicador: Taxa de cumprimento das metas anuais e número de acordos setoriais firmados.
5. Inovação e Inclusão Digital	Plataforma de vendas diretas: Criar marketplace local para venda de recicláveis sem atravessadores. Aplicativo cidadão: População informa via app quando tem recicláveis separados, acionando catadores próximos. Sistema de pontos: Premiação por volume/qualidade de material entregue, convertido em cursos, equipamentos ou benefícios. Indicador: Aumento da renda média dos catadores após adoção das tecnologias.

Fonte: autoria própria, 2025

Para fortalecer a infraestrutura, é essencial ampliar os pontos de entrega voluntária (PEVs) e investir em galpões e veículos adequados, especialmente em áreas periféricas, como sugerido por algumas empresas participantes. A literatura reforça essa necessidade, destacando que a falta de infraestrutura é uma barreira comum em países em desenvolvimento que identificam déficits de infraestrutura como um dos principais obstáculos à gestão de resíduos sólidos em regiões emergentes (Veiga, 2013).

A implementação de modelos de logística reversa adaptados à realidade local, como proposto por pode otimizar a coleta e o transporte de resíduos, reduzindo custos e impactos ambientais. Essas ações demandam investimentos municipais e parcerias com o setor privado para viabilizar a escala necessária (Guarnieri *et al.*, 2020).

A educação ambiental contínua é outro pilar crítico, conforme sugestão dos envolvidos, que destacaram a baixa conscientização da população como um entrave. Campanhas permanentes em escolas, comunidades e redes sociais, além de uma disciplina escolar sobre reciclagem (sugerida pela Reciclagem São Lucas), podem aumentar a adesão à coleta seletiva.

Veiga (2013) explica que a logística reversa de embalagens de agrotóxicos no Brasil indicam que a educação é essencial para melhorar a separação na fonte,

especialmente em comunidades com baixa adesão. A pesquisa de Demajorovic *et al.* (2016) enfatiza que a falta de conscientização pública é um obstáculo recorrente em países em desenvolvimento, recomendando programas educacionais contínuos para engajar a população.

A governança deve ser fortalecida por meio de incentivos fiscais (CDL), fiscalização rigorosa (Reciclagem São Lucas, Eficaz Ambiental, EcoService) e integração entre agentes da cadeia de reciclagem (ASCAMARI, Grupo Mateus). A literatura destaca a importância da responsabilidade compartilhada, prevista na Política Nacional de Resíduos Sólidos (Lei 12.305/2010), que exige coordenação entre governo, empresas e catadores.

Guarnieri *et al.* (2016) sugerem que acordos setoriais, como o de embalagens, podem facilitar a colaboração, mas exigem incentivos econômicos e treinamento para cooperativas. A inclusão de catadores, como na ASCAMARI, é um diferencial brasileiro, mas requer capacitação técnica e tecnológica.

A prefeitura de Imperatriz deve liderar a articulação desses atores, estabelecendo metas claras, auditorias frequentes (CDL) e políticas que integrem a logística reversa ao sistema de saneamento (CAEMA), promovendo um modelo mais eficiente e sustentável (Barbosa *et al.*, 2025).

CONSIDERAÇÕES FINAIS

A pesquisa sobre a eficiência da logística reversa em Imperatriz, Maranhão, alcançou êxito ao cumprir seu objetivo geral de avaliar os indicadores de desempenho do sistema de coleta seletiva, considerando a eficiência, sustentabilidade e inclusão social dos catadores, conforme os princípios da Política Nacional de Resíduos Sólidos (PNRS, Lei 12.305/2010) e do Plano Municipal de Gestão Integrada de Resíduos Sólidos (PMGIRS).

A aplicação de uma metodologia mista, que combinou a análise quantitativa de dados operacionais (como volume de resíduos coletados, taxa de contaminação e cobertura do serviço) com a avaliação qualitativa por meio de entrevistas e questionários aplicados aos catadores, permitindo assim mensurar concretamente a eficiência do sistema por meio de métricas de produtividade, a sustentabilidade econômica e ambiental através do cálculo de custos-benefícios e do desvio de materiais de aterros, e a inclusão social pela verificação da formalização, melhoria da renda e das condições de trabalho desses profissionais, sempre confrontando os resultados encontrados com os parâmetros estabelecidos pela PNRS e pelo PMGIRS local.

Por meio de questionários mistos e entrevistas semiestruturadas com órgãos públicos, cooperativas e empresas privadas, o estudo identificou métricas utilizadas, gargalos operacionais e estratégias existentes, além de compará-las implicitamente com desafios comuns em cidades brasileiras de médio porte.

A diversidade dos participantes, proporcionou uma visão abrangente, permitindo verificar a adequação das políticas locais e propor melhorias alinhadas aos objetivos específicos. Apesar de algumas limitações, como a falta de dados comparativos diretos com outras cidades, a pesquisa conseguiu mapear com sucesso o cenário local e suas lacunas, contribuindo para o debate sobre a gestão de resíduos sólidos.

A principal lacuna de dados limita a capacidade de os gestores tomarem decisões verdadeiramente estratégicas e baseadas em evidências amplas, confinando a análise a um autorretrato sem referências externas. A pesquisa, ao identificar essa falta,

aponta para a necessidade crucial de se desenvolver sistemas de indicadores padronizados e acessíveis que permitam essa análise comparativa.

Os principais resultados revelam que os indicadores atuais, como volume de resíduos coletados, renda gerada pelas cooperativas e percentual de resíduos reciclados, são parcialmente adequados, mas negligenciam aspectos sociais e ambientais, como a conscientização da população e o impacto na inclusão de catadores.

Os gargalos identificados incluem infraestrutura insuficiente, especialmente em áreas periféricas, baixa educação ambiental e falta de integração entre prefeitura, empresas e cooperativas.

A implementação do PMGIRS é limitada por recursos financeiros, ausência de fiscalização rigorosa e coordenação ineficiente, com parcerias como as da ASCAMARI com VLI e Suzano sendo pontos positivos, mas insuficientes para atender à demanda. Imperatriz apresenta desafios semelhantes, como a dependência de iniciativas privadas e a necessidade de maior envolvimento do poder público, mas carece de metas específicas e mensuráveis, o que compromete a minimização de resíduos descartados inadequadamente.

As possibilidades da pesquisa incluem a aplicação prática de suas propostas de melhoria, como a ampliação de PEVs, campanhas educativas permanentes e incentivos fiscais, que podem orientar políticas públicas e fortalecer a inclusão social dos catadores, alinhando-se à PNRS.

A identificação de indicadores mais holísticos, como taxas de recuperação e impacto educacional, oferece um caminho para aprimorar o monitoramento da logística reversa. No entanto, a pesquisa enfrenta limitações, como a ausência de dados quantitativos detalhados sobre taxas de recolhimento, qualidade dos materiais e tempo de processamento, o que restringe análises mais precisas.

A falta de comparação direta com outras cidades brasileiras de médio porte, devido à escassez de informações específicas nos dados fornecidos, limita a validação da adequação das estratégias locais. Estudos futuros poderiam incluir análises comparativas de dados operacionais detalhados para reforçar as recomendações, além de explorar o impacto econômico da logística reversa para as cooperativas, promovendo uma gestão de resíduos mais eficiente e sustentável em Imperatriz.

Referências Bibliográficas

ABNT. **Norma Brasileira 10004 de 31 de maio de 2004**. Disponível em: <<https://analiticaqmresiduos.paginas.ufsc.br/files/2014/07/Nbr-10004-2004-Classificacao-De-Residuos-Solidos.pdf>>. Acesso em: 24 abr. 2025.

ABREMA. **Brasil enfrenta desafio crítico com descarte inadequado de lixo em 2023**. 2023. Disponível em: <https://www.abrema.org.br/2024/07/24/brasil-enfrenta-desafio-critico-com-descarte-inadequado-de-lixo-em-2023/>. Acesso em: 24 abr. 2025.

ALVARENGA, C.; ROCHA, D.J. Logística reversa e reciclagem como forma de mitigar o excesso de resíduos sólidos em aterros sanitários e seus impactos ambientais. **Revista de Direito, Globalização e Responsabilidade nas Relações de Consumo**, Florianópolis, v. 9, n. 2, 2024.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 13221:2023: Transporte de resíduos**. Rio de Janeiro: ABNT, 2023.

BARBOSA, A.; GONÇALVES, T. J. C.; SIMÕES, P. Improving municipal solid waste services: insights into efficiency, productivity, and recycling in Brazil. **Sustainability**, v. 17, n. 6, p. 2519, 2025.

BARBOSA, R.P.; IBRAHIM, F.I.D. **Resíduos sólidos: Impactos, manejo e gestão ambiental**. São Paulo: Editora Érica, 2014.

BARROS, A.S. *et al.* **OS CICLOS ECONÔMICOS DO MUNICÍPIO DE IMPERATRIZ/MA: um resgate historiográfico**. VII CONNEPI, 2012. Disponível em: <https://propi.ifto.edu.br/ocs/index.php/connepi/vii/paper/viewFile/3896/2929>. Acesso em: 24 abr. 2025.

BARROS, E.M.M. **Eu Imperatriz**. Imperatriz: Edição da Prefeitura Municipal de Imperatriz, 1972.

BERTÉ, R.; SILVEIRA, A.M.P.A.L. **Gestão de resíduos sólidos: cenários e mudanças de paradigma**. São Paulo: InterSaberes, 2018

BRASIL. **Decreto nº 10.936, de 12 de janeiro de 2022**. Regulamenta a Lei nº 12.305, de 2 de agosto de 2010, que institui a Política Nacional de Resíduos Sólidos. Diário Oficial da União, Brasília, DF, 13 jan. 2022. Disponível em: http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2019-2022/2022/decreto/d10936.htm. Acesso em: 3 jun. 2025.

BRASIL. **Decreto nº 11.043, de 13 de abril de 2022**. Aprova o Plano Nacional de Resíduos Sólidos - Planares. Diário Oficial da União, Brasília, DF, 14 abr. 2022. Disponível em: http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2019-2022/2022/decreto/d11043.htm. Acesso em: 3 jun. 2025.

BRASIL. **Decreto nº 639, de 12 de junho de 1852**. Desanexa da Província do Pará, e incorpora na do Maranhão todo o território entre os rios Turi-assú e Gurupihy. 1852. Disponível em: <https://www2.camara.leg.br/legin/fed/decret/1824-1899/decreto-639-12-junho-1852-558788-publicacaooriginal-80361-pe.html>. Acesso em: 24 abr. 2025.

BRASIL. **Decreto nº 9.177, de 23 de outubro de 2017**. Regulamenta disposições da Lei nº 12.305, de 2 de agosto de 2010, para dispor sobre a logística reversa. Diário Oficial da União, Brasília, DF, 24 out. 2017. [Revogado pelo Decreto nº 10.936/2022]. Disponível em: http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2015-2018/2017/decreto/d9177.htm. Acesso em: 3 jun. 2025.

BRASIL. **Lei nº 11.445, de 5 de janeiro de 2007**. Estabelece diretrizes nacionais para o saneamento básico. Diário Oficial da União, Brasília, DF, 8 jan. 2007. Disponível em: http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2007-2010/2007/lei/l11445.htm. Acesso em: 3 jun. 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. Disponível em: http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2007-2010/2010/lei/l12305.htm. Acesso em: 3 jun. 2025.

BRASIL. **Lei nº 14.026, de 15 de julho de 2020**. Atualiza o marco legal do saneamento básico. Diário Oficial da União, Brasília, DF, 16 jul. 2020. Disponível em: http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2019-2022/2020/lei/l14026.htm. Acesso em: 3 jun. 2025.

BRASIL. Ministério do Meio Ambiente e Mudança do Clima. **Logística reversa**. 2024. Disponível em: <https://www.gov.br/mma/pt-br/assuntos/meio-ambiente-urbano-recursos-hidricos-qualidade-ambiental/logistica-reversa>. Acesso em: 24 abr. 2025.

BRASIL. Ministério do Meio Ambiente e Mudança do Clima. **Resíduos Sólidos Urbanos - RSU**. 2023. Disponível em: <https://www.gov.br/mma/pt-br/assuntos/meio-ambiente-urbano-recursos-hidricos-qualidade-ambiental/residuos-solidos-urbanos>

BRASIL. **Portaria nº 280, de 24 de junho de 2020**. Institui o Manifesto de Transporte de Resíduos - MTR. Diário Oficial da União, Brasília, DF, 25 jun. 2020. Disponível em: <https://www.in.gov.br/en/web/dou/-/portaria-n-280-de-24-de-junho-de-2020-263297110>. Acesso em: 3 jun. 2025.

CÂMARA MUNICIPAL DE VEREADORES (Imperatriz). Prefeitura Municipal de Imperatriz. **Lei complementar Nº 001 /2018 de 9 abr. 2018**. Institui o Plano Diretor de Imperatriz e dá outras providências. Disponível em: <http://www.camaraimperatriz.ma.gov.br/images/leis/2003ab96c9b0db01cddb010093ee208.pdf>. Acesso em: 24 abr. 2025.

CASTELLS, M. **A questão urbana**. 8ª ed. São Paulo: Paz & Terra, 2020.

CAVALCANTI, C. (Org.). Meio ambiente, desenvolvimento sustentável e políticas públicas. 4. ed. São Paulo: Cortez, 2002

COUTO, M.C.L.; LANGE, L.C. Análise dos sistemas de logística reversa no Brasil. **Engenharia Sanitária E Ambiental**, 22(5), 889–898, 2017.

DEMAJOROVIC, J.; AUGUSTO, E. E. F.; SOUZA, M. T. S. D. Reverse logistics of e-waste in developing countries: challenges and prospects for the Brazilian model. **Ambiente & Sociedade [online]**, v. 19, n. 2, p. 117–136, abr. 2016.

FRANKLIN, A. Apontamentos e Fontes para a História Econômica de Imperatriz. Imperatriz/MA: Ética, 2008.

GARTNER, R. **Logística Reversa**. Centro Universitário Leonardo da Vinci – UNIASSELVI, 2011

GODOY, M.B.R.B. Dificuldades para aplicar a Lei da Política Nacional de Resíduos Sólidos no Brasil. **Caderno de Geografia**, v. 23, n. 39, p. 1-12, 2013.

GOUVEIA, N. Saúde e meio ambiente nas cidades: os desafios da saúde ambiental. **Saúde e Sociedade**, v.8, n.1, p.49-61, 1999.

GRIPPI, S. **Lixo, reciclagem e sua história**: guia para as prefeituras brasileira- 2 ed-Rio de Janeiro: Interciência, 2001.

GUARNIERI, P.; CERQUEIRA-STREIT, J. A.; BATISTA, L. C. Reverse logistics and the sectoral agreement of packaging industry in Brazil towards a transition to circular economy. **Resources, Conservation and Recycling**, v. 153, 2020.

HEMPE, L. A Logística Reversa à Serviço do Desenvolvimento Sustentável e o Papel da Escola com Relação à Educação Ambiental. **Revista Monografias Ambientais Santa Maria**, Edição Especial Curso de Especialização em Educação Ambiental. 2015, p. 17–25, 2015.

IBGE. **Araguatins (TO)**. 2023d. Disponível em: <https://www.ibge.gov.br/cidades-e-estados/to/araguatins.html>. Acesso em: 24 abr. 2025.

IBGE. **Arapiraca (AL)**. 2023c. Disponível em: <https://www.ibge.gov.br/cidades-e-estados/al/arapiraca.html>. Acesso em: 24 abr. 2025.

IBGE. **Censo 2022**. 2022. Disponível em: <https://www.ibge.gov.br/estatisticas/sociais/saude/22827-censo-demografico-2022.html>. Acesso em: 24 abr. 2025.

IBGE. **Imperatriz (MA)**. 2023a. Disponível em: <https://www.ibge.gov.br/cidades-e-estados/ma/imperatriz.html>. Acesso em: 24 abr. 2025.

IBGE. **Imperatriz (MA)**. 2024. Disponível em: <https://www.ibge.gov.br/cidades-e-estados/ma/imperatriz.html>. Acesso em: 24 abr. 2025.

IBGE. **Parnaíba (PI)**. 2023b. Disponível em: <https://www.ibge.gov.br/cidades-e-estados/pi/parnaiba.html>. Acesso em: 24 abr. 2025.

IBGE. **Petrolina (PE)**. 2023e. Disponível em: <https://www.ibge.gov.br/cidades-e-estados/pe/petrolina.html>. Acesso em: 24 abr. 2025.

IMPERATRIZ. **Coleta seletiva alcançou quase 80 toneladas de recicláveis no primeiro bimestre de 2024**. 2024. Disponível em: <https://imperatriz.ma.gov.br/noticias/meio-ambiente/coleta-seletiva-alcancou-quase-80-toneladas-de-reciclaveis-no-primeiro-bimestre-de-2024.html>. Acesso em: 24 abr. 2025.

JACOBI, P.R.; BESEN, G.R. Gestão de resíduos sólidos em São Paulo: desafios da sustentabilidade. **Estudos avançados**, v. 25, n. 71, p. 135-158, 2011.

JARDIM, A. Política nacional, gestão e gerenciamento de resíduos sólidos. São Paulo: Editora Manole, 2012

LEITE, P. R. **Logística reversa: meio ambiente e competitividade**. São Paulo: Prentice Hall, 2003.

LONGHIN, S.R. Resíduos sólidos urbanos no município de Imperatriz - MA: uma análise da situação atual. Estudos de caso. **Revista Gestão e Sustentabilidade Ambiental**, 2018.

MOREIRA, Z. **Simplicio Moreira: precursor do desenvolvimento de Imperatriz**. Imperatriz: Ética, 2007

NETO, P.N. ; MOREIRA, T.A. Política Nacional de Resíduos Sólidos: reflexões acerca do novo marco regulatório nacional. **Revista Brasileira de Ciências Ambientais**. São Paulo, 15 ed., p. 10-19, 2010

PNUMA. **Panorama global do manejo de resíduos em 2024**. 2024. Disponível em: https://wedocs.unep.org/bitstream/handle/20.500.11822/44939/global_waste_management_outlook_2024.pdf?sequence=3. Acesso em: 24 abr. 2025.

ROGERS, D. S.; TIBBEN-LEMBKE, R. S. **Going Backwards: Reverse Logistics Trends and Practices**. Reverse Logistics Executive Council, 1998

SCHENINI, P.C. **Logística reversa: estudo de caso**. In: Gestão Ambiental Sócio Empresarial. Florianópolis: Ed. Papa Livros, 2005

SILVA, M. A. .; MORAES, M. B. .; SILVA, J. L. . Análise do plano de gestão integrada de resíduos sólidos de Imperatriz (MA) para o gerenciamento de resíduos sólidos urbanos. **Journal of Urban Technology and Sustainability**, [S. l.], v. 2, n. 1, p. 37-47, 2019

SILVA, N. R. **Logística reversa: uma abordagem acerca das vantagens e desvantagens de sua implantação e utilização como diferencial competitivo no mercado**. 2022. Disponível em: <https://www.unirv.edu.br/conteudos/fckfiles/files/NATIELLE%20-%20LOGISTICA%20REVERSA.pdf>. Acesso em: 24 abr. 2025.

SILVEIRA, A.L. **De volta ao ciclo: tecnologias para a reciclagem de resíduos**. São Paulo: InterSaberes, 2021

SINIR. **Relatório Municipal de Gestão de Resíduos Sólidos**. 2025. Disponível em: <https://sinir.gov.br/relatorios/municipal/>. Acesso em: 24 abr. 2025.

SISTEMA NACIONAL DE INFORMAÇÕES SOBRE A GESTÃO DOS RESÍDUOS SÓLIDOS. **O que é Logística Reversa**. 2025. Disponível em:

<https://sinir.gov.br/perfis/logistica-reversa/logistica-reversa/> Acesso em: 24 abr. 2025.

SINISA. **SINISA - Série Histórica**. 2025. Disponível em: <https://app4.cidades.gov.br/serieHistorica/>. Acesso em: 24 abr. 2025.

STOCK, J. R. **Development and implementation of reverse logistics programs**. United States of America: Council of Logistics Management, 1998.

VAZ, L. **Educação Ambiental e Logística Reversa**. 2012, 9f. Monografia (Graduação em Engenharia Ambiental) - Universidade Federal de São Carlos-UFSCar, São Carlos, 2012.

VEIGA, M. M. Analysis of efficiency of waste reverse logistics for recycling. **Waste Management & Research**, v. 31, supl. 10, p. 26–34, out. 2013.

VIANA, L.O. **A logística reversa e o tratamento de Pneus Inservíveis no Estado do Piauí**. 2009. Dissertação (Mestrado em Administração de Empresas), Universidade de Fortaleza. Fortaleza, 2009.