**UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO GRANDE DO SUL**
**ESCOLA DE ENGENHARIA**
**PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA DE PRODUÇÃO**

**D´ORLEÃS FERNANDO BARCELLOS DE FREITAS**

# CIDADES CIRCULARES: ANÁLISE E IMPACTO DOS RESÍDUOS DE GRANDE GERADOR SUPERMERCADISTA NA GESTÃO DE RESÍDUOS DOMICILIARES URBANOS E POLÍTICAS PÚBLICAS

Porto Alegre
2025

D´ORLEÃS FERNANDO BARCELLOS DE FREITAS

# CIDADES CIRCULARES: ANÁLISE E IMPACTO DOS RESÍDUOS DE GRANDE GERADOR SUPERMERCADISTA NA GESTÃO DE RESÍDUOS DOMICILIARES URBANOS E POLÍTICAS PÚBLICAS

Dissertação submetida ao Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Produção da Universidade Federal do Rio Grande do Sul como requisito parcial à obtenção do título de Mestre em Engenharia de Produção, modalidade Acadêmica, na área de concentração em Sistemas de Qualidade.

Orientadora: Professora Dra. Istefani Carísio de Paula

Porto Alegre

2025

D´Orleãs Fernando Barcellos de Freitas

**CIDADES CIRCULARES: ANÁLISE E IMPACTO DOS RESÍDUOS DE GRANDE GERADOR SUPERMERCADISTA NA GESTÃO DE RESÍDUOS DOMICILIARES URBANOS E POLÍTICAS PÚBLICAS**

_____

**Prof. Istefani Carísio de Paula, Dra.**
Orientadora PPGEP/UFRGS

_____

**Prof. Michel Jose Anzanello, Ph.D.**
**Coordenador** PPGEP/UFRGS

**Banca Examinadora:**

Professora Dra. Ângela de Moura Ferreira Danilevicz
Professor Dr. Paulo DabDab Waquil
Dra. Ghisia Hauser

## AGRADECIMENTOS

O começo do mestrado coincidiu com o cenário desafiador de uma pandemia global. Apesar das incertezas e limitações impostas consegui participar do processo seletivo e fui aprovado no mestrado. Enfrentei outros obstáculos profissionais, familiares e de saúde, mas em nenhum momento pensei em desistir. Cada dificuldade superada fortaleceu meu propósito e tornou essa conquista ainda mais significativa.

Agradeço à UFRGS, aos professores de excelência e de referência, aos colegas mestrandos e doutorandos do PPGEP e agradeço ao Sr. Rogério da secretaria, sempre solícito.

Agradeço ao professor, amigo e colega de profissão Daniel Garcia, minha gratidão pelo incentivo e motivação.

Agradeço aos membros e pesquisadores da Hélice Consultoria em especial o João, a Aline, a Diana, a Isabela, a Renata, a Madalena e a querida Ghissia. Obrigado pelas trocas, pelo aprendizado, pelo apoio e pela inspiração.

Agradeço ao amigos Lovois de Andrade Miguel e Luiz Antônio Bolcato Custódio.

Agradeço aos ilustres membros da banca cuja presença muito me honra.

À minha querida orientadora e professora Istefani agradeço pela aulas, pelas trocas, pelo carinho, por poder entender minhas dificuldades, saber me orientar a todo tempo, com palavras positivas, muita energia, muita fé. A força e a energia que você tem me conduziram para eu concluir o mestrado. Muito obrigado. Agradeço ao Orlando pelo apoio e compreensão.

Essa dissertação foi construída por muitas mãos. Mãos que apoiaram, revisaram, inspiraram e que me deram suporte. Agradeço as pessoas que serviram de inspiração.

À minha esposa Ana Lúcia, minha sempre companheira, parceira, mãe e que está sempre do meu lado acreditando em mim, me apoiando e me incentivando em tudo, o meu muito obrigado. Te amo. Aos meus filhos Nycolas e Guilherme que nos ensinam todos os dias e que são nossa inspiração e nosso legado, o meu muito obrigado.

**Dedico este trabalho a minha esposa Ana Lúcia e aos meus filhos Nycolas e Guilherme**

*“Todos esses que aí estão*
*Atravancando meu caminho,*
*Eles passarão...*
*Eu passarinho!”.*
*Mário Quintana*

## RESUMO

A crescente geração de resíduos sólidos urbanos (RSU) constitui um desafio para a sustentabilidade das cidades e evidencia lacunas na literatura sobre circularidade urbana, especialmente quanto ao papel de resíduos domiciliares e de grandes geradores, como os supermercados. Esta dissertação tem como objetivo analisar de que forma as práticas de gestão de resíduos sólidos adotadas por supermercados contribuem para a compreensão dos padrões de geração, segregação e destinação de resíduos sólidos urbanos, com vistas à formulação de diretrizes para o aprimoramento de políticas públicas de gestão integrada de resíduos em contextos urbanos de cidades circulares. Tem como questão de pesquisa: de que modo a análise desagregada dos fluxos e da gestão de resíduos em grandes geradores, como supermercados, pode inspirar o desenvolvimento de estratégias de gestão de resíduos domiciliares e formulação de públicas locais voltadas à valorização dos resíduos em cidades? O método adotado é do tipo dedutivo. A pesquisa foi classificada como descritiva, aplicada e de abordagem qualitativa, complementada por dados quantitativos. O método adotado foi o estudo de caso único. Este estudo integra uma revisão de literatura e um estudo de caso. Na revisão, foram analisados 35 artigos publicados entre 2019 e 2024 nas bases Scopus® e Web of Science®, por meio da técnica de análise de conteúdo, a fim de identificar abordagens teóricas, tecnológicas e políticas sobre a gestão de resíduos em cidades circulares. No estudo de caso, investigaram-se práticas de gestão de resíduos em lojas de uma rede supermercadista de abrangência nacional, com base em entrevistas semiestruturadas, observações *in loco* e análise documental. Os resultados da revisão mostram predominância de estudos de caso (74%), concentrados na Europa (81%), com ênfase em estratégias proativas, mas pouca atenção a resíduos domiciliares e pequenos geradores. Os estudos trouxeram pontos relevantes para a apresentação de uma nova definição de Cidade Circular mais abrangente. O estudo de caso revela predominância de estratégias reativas, com cerca de 60% dos resíduos destinados a aterros, perdas econômicas ligadas a quebras e segregação inadequada, e oportunidades de valorização de resíduos orgânicos e recicláveis. Ambos os enfoques evidenciam limitações, como falta de padronização de dados, baixa integração digital e escassa articulação entre diferentes atores. Conclui-se que os supermercados, por sua posição estratégica entre fornecedores, consumidores e gestores públicos, podem atuar como elos de integração entre fluxos comerciais e domiciliares, fortalecendo políticas públicas, o engajamento comunitário e a regeneração urbana. Assim, tanto a literatura quanto a prática indicam que a circularidade urbana demanda maior atenção às especificidades locais e à cooperação multissetorial, especialmente no contexto brasileiro.



**Palavras-chave**: Economia Circular, Cidade circular, Resíduo sólido urbano, Lixo Zero, Aterro Zero, Supermercado, Metabolismo Urbano e NBS - Soluções Baseadas na Natureza.

## ABSTRACT

The growing generation of municipal solid waste (MSW) poses a challenge to the sustainability of cities and highlights gaps in the literature on urban circularity, especially regarding the role of household waste and large generators, such as supermarkets. This dissertation aims to analyze how solid waste management practices adopted by supermarkets contribute to understanding the patterns of urban solid waste generation, segregation, and disposal, with a view to formulating guidelines for improving public policies for integrated waste management in urban contexts of circular cities. The research question is: How can the disaggregated analysis of waste flows and management in large generators, such as supermarkets, inspire the development of household waste management strategies and the formulation of local public policies aimed at waste valorization in cities? The method adopted is deductive. The research was classified as descriptive, applied, and qualitative, complemented by quantitative data. The method adopted was a single case study. This study combines a literature review and a case study.
The review analyzed 35 articles published between 2019 and 2024 in Scopus® and Web of Science® using content analysis to identify theoretical, technological, and policy approaches to waste management in circular cities. The case study investigated waste management practices in stores of a nationwide supermarket chain, based on semi-structured interviews, on-site observations, and document analysis. The results of the review show a predominance of case studies (74%), concentrated in Europe (81%), with an emphasis on proactive strategies, but little attention to household waste and small generators. The studies highlighted relevant points for the presentation of a new, more comprehensive definition of a Circular City. The case study reveals a predominance of reactive strategies, with approximately 60% of waste sent to landfills, economic losses linked to breakages and inadequate segregation, and opportunities for the valorization of organic and recyclable waste. Both approaches highlight limitations, such as a lack of data standardization, low digital integration, and limited coordination between different stakeholders. We conclude that supermarkets, due to their strategic position between suppliers, consumers, and public officials, can act as connecting links between commercial and household flows, strengthening public policies, community engagement, and urban regeneration. Thus, both literature and practice indicate that urban circularity demands greater attention to local specificities and multisectoral cooperation, especially in the Brazilian context.



**Keywords:** Circular Economy, Circular City, Urban Solid Waste, Zero Waste, Zero Landfill, Supermarket, Urban Metabolism and NBS - Nature-Based Solutions.

## LISTA DE SIGLAS E ABREVIATURAS

**ABNT** – Associação Brasileira de Normas Técnicas
**ABRELPE** – Associação Brasileira das Empresas de Limpeza Pública e Resíduos Especiais
**ABREMA** - Associação Brasileira de Resíduos e Meio Ambiente
**ABRAS** – Associação Brasileira de Supermercados
**AGAS** – Associação Gaúcha de Supermercados
**PCD** - Produtos de Consumo Diário
**PLANARES** - Plano Nacional de Resíduos Sólidos
**PNRS** - Política Nacional de Resíduos Sólidos
**RSU** - Resíduos Sólidos Urbanos
**SNIS** - Sistema Nacional de Informações sobre Saneamento
**SINIR** - Sistema Nacional de Informações sobre a Gestão dos Resíduos Sólidos
**SNIS** - Sistema Nacional de Informações sobre Saneamento
**ENEC** - Estratégia Nacional de Economia Circular

**CAPÍTULO 2**

Figura 1 - Diagrama Sistêmico da Economia Circular ..... 32
Figura 2 – Imagem do Ciclo biológico (consumo) e ciclo técnico (serviços) da Economia Circular ..... 33
Figura 3 – Itens do processo de codificação dos artigos ..... 40

**CAPÍTULO 3**

Figura 1 - Integração entre a PNRS, o SINIR e o Planares ..... 72
Figura 2 - Etapas e atividades inicialmente previstas ..... 83
Figura 3 - Localização das lojas da REDE (verde) e 7 lojas investigadas em profundidade (vermelho) ..... 84
Figura 4 - Resultados do Bloco A do roteiro qualitativo ..... 85
Figura 5 - Resultados do Bloco A do roteiro qualitativo ..... 86
Figura 6 - Resultados da Q1 do Bloco B – Tipos de resíduos gerados nas lojas ..... 87
Figura 7 - Fluxograma com informações compiladas da geração de resíduos por setores nas sete lojas entrevistadas – Bloco B do questionário ..... 89
Figura 8 - Tipos de resíduos e quantitativos totais enviados pelas lojas para Aterro 89
Figura 9 - Tipos de tratamento dado aos resíduos pelas lojas para Aterro, equipamentos e operadores ..... 90
Figura 10 - Fluxograma com informações compiladas da geração de resíduos por setores nas sete lojas entrevistadas. ..... 91
Figura 11 - Nomes dos arquivos, descrições e períodos ..... 92
Figura 12 - Estratégias de destinação dos resíduos das 7 lojas – mês de julho 2021 ..... 93
Figura 13 - Destinação de resíduos 186 lojas – anos 2020 e 2021 ..... 93
Figura 14 – Tela inicial da planilha Excel do arquivo recebido ..... 95
Figura 15 – Categorias sugeridas e descrições dos itens de quebra classificados ..... 96
Figura 16 - Representação de parte do novo banco de dados para fins de análises estatísticas e criação do Dashboard ..... 98
Figura 17 - Sazonalidade trimestral de produtos descartados na quebra por setor da Loja de referência (SP) nos anos de 2020 e 2021. ..... 98
Figura 18 - Frequência de produtos descartados de acordo com a categoria definida na pesquisa ..... 99

Figura 19 - Quantidade de produtos por categoria e valor monetário perdido para Loja de SP da REDE.....99
Figura 20 - Capa do Dashboard de uma das lojas da REDE .....100
Figura 21 - Pirâmide do gerenciamento de resíduos.....103
Figura 22 - Análises de custos – buscando ecoeficiência .....104
Figura 23 - Equipamentos para separação de embalagem e conteúdo .....105
Figura 24 - Equipamentos para separação de embalagem e conteúdo .....105
Figura 25 - Análise da comercialização dos resíduos recicláveis.....108
Figura 26 - Tabela comparativa das soluções ambientalmente adequadas à resíduos .....111
Figura 27 - Caminho circular para estratégias adequadas a resíduos orgânicos....112
Figura 28 - Visão geral da Evolução em direção à Aterro Zero - 2021 e 2035 considerando a geração de resíduo constante.....114
Figura 29 - Visão geral da Evolução em direção à Aterro Zero - 2021 e 2035 considerando aumento da geração de resíduo .....116
Figura 30 - Esboços do modelo de gestão de resíduos a partir de supermercados125
Figura 31 - Versão final do modelo da cadeia de resíduos a partir de supermercados .....126

## LISTA DE TABELAS

### CAPÍTULO 2

Tabela 1 – Resumo das pesquisas por ano de publicação .....41
Tabela 2 - Resumo das cidades, países e continentes dos estudos .....41
Tabela 3 - Resumo das pesquisas relativo ao procedimento da pesquisa .....42
Tabela 4 - Resumo dos temas das palavras-chave .....43
Tabela 5 - Tipos de resíduos analisados nos artigos .....44
Tabela 6 – Resumo das pesquisas quanto ao tratamento dado no estudo .....45

## LISTA DE QUADROS

### CAPÍTULO 2

Quadro 1 - Resultado da busca nas bases de dados e a seleção dos artigos .....38
Quadro 2 - Resumo e descrição das unidades de contexto e das unidades de registro .....39
Quadro 3 – Resumo e descrição das unidades de análise e das unidades de registro .....39
Quadro 4 – Agrupamento do objeto e objetivo dos estudos dos pesquisadores agrupados por tema .....49

### CAPÍTULO 3

Quadro 1 - Resumo dos principais conceitos da PNRS .....72
Quadro 2 - Limites de caracterização de grandes geradores de resíduos sólidos em municípios .....73
Quadro 3 - Triangulação de dados na pesquisa .....81
Quadro 4 - Pressões sofridas por supermercadistas relativas ao tema resíduos .....82
Quadro 5 - Comparação entre as soluções disponíveis para a destinação ambientalmente adequada de resíduos orgânicos .....107
Quadro 6 - Estratégias identificadas para maximização da gestão .....108
Quadro 7 - Escala para tomada de decisão - estruturas de reciclagem nas unidades .....109
Quadro 8 - Limitações encontradas no estudo de Caso da REDE .....118
Quadro 9 - Comparativo entre autores, conceitos e evidências no estudo de caso 119
Quadro 10 - Resumo com as tecnologias que emergiram do estudo .....122
Quadro 11 - Políticas e estratégias para o setor público e empresarial .....124

## SUMÁRIO


1 INTRODUÇÃO ..... 15
1.1 TEMA E JUSTIFICATIVA ..... 21
1.2 HIPÓTESE ..... 22
1.3 OBJETIVOS ..... 23
1.3.1 Objetivo Geral ..... 23
1.3.2 Objetivos específicos ..... 23
1.4 PROCEDIMENTO METODOLÓGICO DA PESQUISA ..... 24
1.5 DELIMITAÇÕES E LIMITAÇÕES ..... 24
1.6 ESTRUTURA DA DISSERTAÇÃO ..... 25
2 PRIMEIRO ARTIGO - UMA AUSÊNCIA PRESENTE: O SILÊNCIO SOBRE RESÍDUOS SÓLIDOS URBANOS NOS ESTUDOS SOBRE CIDADES CIRCULARES ..... 26
2.1 INTRODUÇÃO ..... 28
2.2 REFERENCIAL TEÓRICO ..... 30
2.2.1 Cidades Circulares e Resíduos Sólidos Urbanos (RSU) ..... 30
2.2.2 Economia Circular: níveis, princípios e a relação com os resíduos urbanos ..... 32
2.2.3 Indicadores de Economia Circular (EC) nas cidades ..... 35
2.3 PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS ..... 36
2.3.1 Coleta de Dados e Critérios de Seleção ..... 37
2.4 RESULTADOS E DISCUSSÃO ..... 41
2.5 CONSIDERAÇÕES FINAIS ..... 57
REFERÊNCIAS ..... 60
3 SEGUNDO ARTIGO - ANÁLISE DA GESTÃO DE RESÍDUOS SEMIDURÁVEIS E NÃO DURÁVEIS EM SUPERMERCADOS: OPORTUNIDADES PARA POLÍTICAS DE GESTÃO DE RESÍDUOS EM CIDADES CIRCULARES ..... 67
RESUMO ..... 67
3.1 INTRODUÇÃO ..... 69
3.2 REFERENCIAL TEÓRICO ..... 71
3.2.1 Panorama e Desafios da Gestão de Resíduos no Brasil ..... 71
3.2.2 Integração entre cidade circular, economia circular e Lixo Zero ..... 76
3.3 PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS ..... 77
3.3.1 Classificação da pesquisa ..... 77
3.3.2 Unidade de estudo ..... 77
3.3.3 Delimitação do estudo ..... 78
3.3.4 Método de trabalho ..... 79
3.4 ESTUDO DE CASO - CONSULTORIA EM GESTÃO DE RESÍDUOS SÓLIDOS EM UMA REDE DE SUPERMERCADO NO BRASIL ..... 82
3.4.1 Diagnóstico dos resíduos sólidos das lojas da rede ..... 83
3.5 RESULTADOS E DISCUSSÃO ..... 117
3.5.1 Limitações do Caso estudado ..... 117

**3.5.2 Análise da literatura frente às evidências ..... 118**
**3.5.3 Emergência de políticas públicas ..... 123**
**3.5.4 Modelo – Estratégia de gestão de resíduos a partir de supermercados ..... 125**
**3.6 IMPLICAÇÕES PRÁTICAS DA PESQUISA ..... 128**
**3.6.1 Para o setor empresarial (supermercados e varejo) ..... 128**
**3.6.2 Para o setor público (políticas urbanas) ..... 128**
**3.6.3 Para a gestão de resíduos urbanos ..... 129**
**3.6.4 Para inovação tecnológica ..... 129**
**3.7 CONSIDERAÇÕES FINAIS ..... 130**
**REFERÊNCIAS ..... 132**
**4 CONSIDERAÇÕES FINAIS ..... 136**
**REFERÊNCIAS ..... 139**

# 1 INTRODUÇÃO

Mudanças climáticas, áreas degradadas, demanda por água, transporte e resíduos urbanos são exemplos de problemas que afetam as cidades e estão relacionados ao estilo de vida da população, que demanda educação, saúde, alimentos e produtos manufaturados. Essas necessidades exigem energia, geram poluição e impactam diretamente as dinâmicas de mercado, a reestruturação das relações de trabalho e as políticas governamentais. Diante disso, torna-se fundamental o monitoramento constante e o desenvolvimento de estratégias para controlar as entradas e saídas de recursos, envolvendo de forma sustentável e consciente o governo, a sociedade e a academia (Ulgiati, 2019).

Para enfrentar esses desafios, diferentes abordagens vêm sendo desenvolvidas no campo dos estudos urbanos. No contexto desta pesquisa, destacam-se duas perspectivas complementares: o metabolismo urbano (como uma visão sistêmica) e o conceito de cidade circular (como uma visão estratégica). Os estudos tradicionais de metabolismo urbano analisam fluxos agregados nas cidades como energia, água e alimentos, proporcionando uma visão sistêmica da interação entre sociedade e meio ambiente. Por exemplo, Galán-Cano *et al*. (2025) estudaram a transição energética nas cidades, evidenciando seu papel essencial na promoção da sustentabilidade urbana, ao reduzir o consumo de recursos e as emissões de carbono, além de alinhar-se aos Objetivos de Desenvolvimento Sustentável (ODS). Ulgiati (2019) também analisou essa dinâmica ao destacar a relação entre fluxos de massa e energia no contexto urbano.

Embora o metabolismo urbano seja uma abordagem adequada para compreender os fluxos físicos e os resíduos como subprodutos inevitáveis das atividades humanas, ele apresenta uma limitação importante: a necessidade de desagregar esses fluxos para uma análise mais detalhada do papel de diferentes atores nas cadeias de produção e consumo das cidades.

Para superar essas limitações de análise, surge o conceito de cidade circular, que complementa a visão sistêmica do metabolismo urbano com uma abordagem mais estratégica e integrada complementando e transformando a visão sistêmica (Magalhães, 2022). O conceito de cidade circular adapta os fundamentos da economia circular para o contexto urbano, ao propor uma abordagem que considera a interdependência entre infraestrutura, hábitos de consumo e fluxos metabólicos.

Diferentemente da visão tradicional centrada no descarte, a lógica da cidade circular incorpora múltiplos atores, incluindo o setor público, privado e a sociedade civil, e conecta a escala sistêmica ao território. Essa abordagem de análise desagregada e integradora possibilita repensar o impacto de cada agente no funcionamento urbano e na geração de resíduos, ultrapassando a perspectiva adotada no metabolismo urbano (Prendeville *et al.* 2018; Petit-Boix e Leipold, 2018).

Este conceito também se fundamenta nos princípios da Economia Circular (EC), que recomenda a reutilização de resíduos do pós-consumo do cidadão e da pós-produção de empresas no desenvolvimento de novos produtos, fechando ciclos. Mas vai além disso. Uma cidade circular deve priorizar a eficiência energética, o consumo responsável de água, políticas de redução de consumo, reuso de materiais, reciclagem e inovação em serviços que substituam produtos e produtos que sequer cheguem a gerar resíduos (Alves *et al*. 2022).

Em contraste com o modelo linear de "extrair, produzir e descartar", a cidade circular integra fluxos multissetoriais com o objetivo de alcançar a sustentabilidade econômica, ambiental e social, valendo-se de estratégias como metabolismo urbano e a simbiose industrial (Lakatos *et al.* 2021; Feiferytė-Skirienė *et al.*, 2021). Como destaca a Ellen MacArthur Foundation (2017), uma cidade circular é projetada para ser regenerativa e acessível, eliminando resíduos, prolongando a vida útil dos ativos e dissociando o crescimento econômico do consumo de recursos finitos.

Pesquisadores da área de cidade circular têm destacado a importância de estratégias inovadoras para o desenvolvimento de produtos, processos e serviços que minimizem ao máximo a geração de resíduos. Contudo, reconhecem que os resíduos são inevitáveis no contexto dos processos metabólicos urbanos associados à produção e ao consumo humano. Por isso, torna-se essencial manter o foco na gestão sustentável desses subprodutos do consumo, integrando soluções que abarquem tanto a prevenção quanto o reaproveitamento de materiais que compõem o resíduo sólido urbano (Gouveia, 2012).

No ano de 2022, o Brasil gerou 81,8 milhões de toneladas de resíduos sólidos urbanos (RSU), equivalendo a 224 mil toneladas diárias em uma média de 1,043 kg por habitante/dia, números que, apesar da redução pós-isolamento social, mantiveram-se elevados (ABRELPE, 2022). A destinação desses resíduos revelou um cenário desafiador, com 61% encaminhados para aterros sanitários e 39%

descartados inadequadamente, revelando a necessidade crítica de uma gestão sustentável focada na redução, reuso e reciclagem (Resíduos sólidos urbanos, 2022).

A dinâmica se alterou nos anos seguintes impulsionada pela queda no desemprego e no aumento do poder de compra. Em 2023, foram gerados 81 milhões de toneladas anuais (221 mil/dia), com média per capita de 1,047 kg/dia ou 382 kg/ano de RSU (ABREMA, 2024). Essa tendência econômica persistiu em 2024, quando a geração per capita atingiu 1,051 kg/dia, resultando em um total anual de 81,6 milhões de toneladas, cerca de 223 mil/dia e 384 kg/habitante/ano, um aumento absoluto atribuído principalmente ao crescimento populacional (ABREMA, 2025).

Entender a formação dos resíduos urbanos implica mapear os agentes responsáveis por sua geração e gestão. Dentro da lógica de análise desagregada adotada nos estudos de cidade circulares, e considerando a questão dos resíduos domiciliares, os supermercados emergem como elos críticos nesse processo de entrada de bens não duráveis (como alimentos, produtos de higiene, medicamentos) e semiduráveis (como roupas, calçados, acessórios pessoais, utensílios domésticos) nas cidades. Os supermercados veem se expandindo em seus ramos de atuação e no sortimento dos produtos que oferecem (Angelo *et al*., 2003). Os supermercados podem impactar o sistema de gestão de resíduos de uma cidade, pelo menos de duas formas. Diretamente como um grande gerador e, indiretamente, como fornecedor de bens para o cidadão, que por sua vez gera resíduos (Farias e Fragoso, 2020).

Pela perspectiva do metabolismo urbano, como grande gerador, os supermercadistas “consomem” (adquirem), “processam” (vendem) e “excretam” (descartam) as mercadorias que comercializam em seus estabelecimentos. Em relação ao descarte especificamente falando, esses se referem a produtos fora de validade, itens que sofreram danos, mercadorias não comercializadas, subprodutos de sua operação como embalagens secundárias, subprodutos de serviços prestados com mercearias, lanchonetes e outros.

Na perspectiva da cidade circular todos esses materiais são passíveis de serem gerenciados, visando reduzir, reusar, reciclar ou outras estratégias que minimizem impactos de extração de novos materiais ou minimizem ou eliminem a geração de resíduos (Marinho *et al.*, 2020).

Considerando o impacto indireto dos supermercadistas, como fornecedores de bens para o cidadão pode-se realizar um raciocínio semelhante. Pela perspectiva do metabolismo urbano, os cidadãos “consomem” mercadorias dos supermercados,

“processam”, pois, a utilizam e “excretam” os subprodutos do pós-consumo tais como embalagens em geral, restos de alimentos e bens semiduráveis no final das suas vidas úteis (baldes, vassouras, escovas, potes, pilhas, lâmpadas e outras mercadorias). Assim, tanto como geradores diretos de resíduos quanto como fornecedores que influenciam o comportamento de consumo da população, os supermercados têm papel central na cadeia de gestão dos resíduos sólidos urbanos no metabolismo urbano e na promoção da cidade circular (Mucelin, 2008).

Outras estratégias que complementam o debate em torno da gestão de resíduos sólidos urbanos são os movimentos Lixo Zero (Sabatini e Wanderley, 2021 Pietzsch, 2017) e Aterro Zero (Costa *et al.* 2024). O movimento Lixo zero surge na década de 1970, é consolidado pela Zero Waste International Alliance (ZWIA) e sua ideia central é reduzir pelo menos 90% dos resíduos (lixo) priorizando a prevenção, reutilização, reciclagem e compostagem para que o menor volume possível vá para aterros ou incineração (Souza *et al.* 2024). O movimento Aterro Zero é do final dos anos 1990 e surge no contexto corporativo e industrial, como parte de estratégias de eficiência operacional, redução de custos e responsabilidade ambiental (Tamboli *et al.*, 2023). A abordagem Aterro Zero não nasceu com uma estrutura conceitual forte, como a da Zero Waste International Alliance (ZWIA). Sua aplicação varia e inclui a incineração como solução aceitável, o que é incompatível com os princípios Lixo Zero (Ferrari, 2021).

Ambas as abordagens têm sido adotadas em nível de cidades/domicílio quanto em empreendimento ou em empresas. As estratégias para minimização dos resíduos do Lixo Zero coincidem com as da Economia Circular enquanto e do Aterro Zero tem ênfase no desvio de aterro e escopo operacional e técnico, com isso, a exigência ambiental pode ser menos rigorosa (Custódio *et al.* 2024).

A literatura internacional de alto impacto sobre gestão de resíduos e cidades circulares tem avançado sobretudo em três frentes: metodologias quantitativas de larga escala, como a análise multicritério combinada a survey com consumidores (D’Adamo *et al.* 2023), avaliações técnico-quantitativas com Lean Six Sigma e mensuração da pegada de carbono em supermercados (Marrucci *et al.* 2020), além de abordagens qualitativas focadas na colaboração da cadeia de suprimentos para reduzir desperdícios no varejo (Yang *et al.* 2023). Do ponto de vista conceitual, Williams (2019) reforça a importância das cidades circulares como agenda emergente no urbanismo sustentável. Esses estudos oferecem bases sólidas para compreender

desperdícios e processos internos do setor supermercadista, mas ainda deixam lacunas abertas: a integração entre supermercados e políticas públicas locais, a análise do varejo como elo estratégico na circularidade urbana e a conexão entre perdas econômicas e métricas ambientais globais, aspectos em que este trabalho de busca avançar.

No contexto dos supermercados existem exemplos de empreendimentos no mundo que aderiram ao Lixo Zero como é o caso do LIVE FREE REFILLERY, localizado em New Hampshire, EUA, Maria Granel em Portugal e Simone Lemon na França.

No Brasil, redes como Carrefour e Assaí são exemplos de empresas que implementaram programas para reduzir resíduos, incentivando práticas sustentáveis. Essas iniciativas não apenas melhoraram a qualidade do trabalho, mas também aumentaram o engajamento dos colaboradores, demonstrando o impacto positivo da responsabilidade ambiental no ambiente corporativo (Sabatini e Wanderley, 2021).

Em Santa Catarina, supermercados como Hippo e Angeloni adotaram o programa “Supermercado Lixo Zero”, criado pela Associação Catarinense de Supermercados (ACATS). As ações incluem a transformação de detritos orgânicos em adubo, além de reciclagem, compostagem e destinação correta dos resíduos. No caso do Angeloni, essas práticas permitiram o tratamento de até 94% do lixo gerado, um índice próximo ao necessário para a certificação Aterro Zero (FECOMERCIO , 2017).

Em relação a abordagem Aterro Zero existem também exemplos de supermercados que aderiram, como por exemplo o Wall Mart nos Estados Unidos, Canadá e México. O supermercado Coles, no oeste de Sydney, deu um passo pioneiro rumo à sustentabilidade ao testar a eliminação zero de resíduos em aterros sanitários, reforçando seu compromisso de ser o supermercado mais ecológico da Austrália (PV MAGAZINE AUSTRALIA, 2019).

Com o movimento contínuo de grandes volumes de produtos, esses estabelecimentos geram resíduos inevitáveis, como embalagens descartáveis, alimentos vencidos e materiais operacionais. Esse fluxo contribui significativamente para os resíduos urbanos, exigindo atenção tanto por parte dos próprios supermercados quanto das políticas públicas. No contexto do metabolismo urbano, supermercados desempenham papel importante como geradores de resíduos e,

também, como potenciais agentes de estratégias sustentáveis, incluindo a redução de embalagens, a logística reversa e o reaproveitamento de alimentos (Freitas, 2024).

Além da gestão direta dos resíduos, os supermercados também podem atuar de forma proativa na transformação cultural dos consumidores, por meio da educação ambiental, influenciando diretamente os hábitos de consumo e descarte dos consumidores. Por meio de campanhas educativas, programas de conscientização e incentivo a práticas mais sustentáveis, supermercados têm o potencial de transformar a relação do consumidor com o meio ambiente, reduzindo impactos negativos e promovendo uma cultura de sustentabilidade. Estratégias como a redução de embalagens, a logística reversa e o reaproveitamento de alimentos podem ser aliadas à educação ambiental para promover mudanças de comportamento duradouras fazendo com que os supermercados sejam atores ativos no fechamento de ciclos urbanos, transformando fluxos lineares urbanos em circuitos regenerativos (Prendeville *et al.* 2018; Petit-Boix; Leipold, 2018).

Assim, o metabolismo urbano oferece uma lente para mapear os fluxos físicos de produtos e resíduos, enquanto a perspectiva da cidade circular permite identificar elos críticos, como os supermercados, e reorganizar fluxos por meio de estratégias upstream como design para reutilização e redução de materiais (ex. embalagens), e *downstream*, como a logística reversa, a recuperação de materiais e a compostagem.

Considerando que os supermercados são pontos centrais da cadeia de abastecimento urbano, e que eles influenciam diretamente o tipo, a quantidade e a frequência dos produtos consumidos pelas famílias, ao analisar os resíduos gerados nesses estabelecimentos (embalagens, perecíveis descartados, sobras de logística), é possível inferir padrões de consumo urbano que se refletem nos RSU. Também considerando que a natureza dos resíduos gerados nos domicílios são versões reduzidas dos resíduos gerados nos supermercados, assume-se como premissas neste trabalho:

- que os supermercados podem ser usados como unidades-piloto para estudos de estratégias de redução de resíduos como compostagem, redução de embalagens, reuso de materiais e coleta seletiva de alta eficiência, e
- que esses aprendizados podem ser transferidos para políticas públicas urbanas relacionadas aos resíduos sólidos urbanos.

## 1.1 Tema e justificativa

O tema deste trabalho centra-se na gestão de resíduos sólidos urbanos sob a ótica da cidade circular, com foco específico na análise dos supermercados como ela os críticos metabolismo da cidade. A relevância deste recorte reside no fato de que os supermercados impactam o sistema de gestão de duas formas fundamentais: diretamente, como grandes geradores que consomem, processam e excretam materiais; E diretamente, como fornecedores que moldam o comportamento de consumo da população (Angelo *et al*., 2003; Farias e Fragoso, 2020).

A escolha deste tema justifica-se pela magnitude crítica do problema dos resíduos sólidos no Brasil. Conforme apresentado anteriormente, o país gerou 81,8 milhões de toneladas de RSU em 2022 (ABRELPE, 2022). Este cenário, aliado ao fato de que a geração de resíduos per capita se mantém elevada mesmo com variações econômicas (ABREMA, 2024), demanda modelos de gestão mais eficientes.

Além da urgência ambiental, o trabalho justifica-se pela oportunidade estratégica de utilizar os supermercados como unidades-piloto para as cidades circular. Como demonstrado, redes nacionais e internacionais já alcançam índices expressivos de desvio de aterro por meio de programas de Lixo Zero e Aterro Zero. Investigar essas práticas permite preencher a lacuna na literatura sobre a conexão entre o varejo e a circularidade urbana, demonstrando como os aprendizados operacionais do setor privado podem oferecer subsídios valiosos para o aprimoramento das políticas públicas de gestão integrada de resíduos.

A opção pela utilização de dados provenientes de um projeto de consultoria empresarial justifica-se pela oportunidade única de acesso a informações primárias de elevado valor estratégico e com dados frequentemente inacessíveis em pesquisas acadêmicas tradicionais. Esta investigação foi viabilizada através de uma parceria colaborativa, no ano de 2021, entre a Hélice® Consultoria, a Trashin® Gestão de Recicláveis S.A. e o grupo de pesquisa NIProS/UFRGS, grupo de pesquisa do CNPq. Esta configuração híbrida permitiu superar as barreiras de entrada no campo garantindo ao pesquisador acesso a relatórios, bases de dados, planilhas de custos e o contato direto com os gestores da rede de supermercado analisada, mas sem nominar a rede.

Além disso, a natureza do estudo de caso foi focada no diagnóstico para a certificação aterro zero oferecendo um alinhamento direto com o objeto de estudo desta dissertação conferindo validade a pesquisa ao analisar um caso real de intervenção. Desta forma, o uso destes dados não compromete a isenção acadêmica, contudo enriquece-a através da triangulação entre o rigor metodológico do grupo de pesquisa e a realidade do mercado preenchendo uma lacuna na literatura entre os modelos ideais de cidade circular e os desafios concretos da gestão de resíduos em grandes geradores.

Considerando a necessidade de superar a visão sistêmica do metabolismo urbano e avançar para a estratégias operacionais de cidade circular, este trabalho norteia-se pela seguinte questão de pesquisa: de que modo a análise desagregada dos fluxos e da gestão de resíduos em grandes geradores, como supermercados, pode inspirar o desenvolvimento de estratégias de gestão de resíduos domiciliares e formulação de públicas locais voltadas à valorização dos resíduos em cidades?

## 1.2 Hipótese

A análise de resíduos e adoção de práticas de gestão de resíduos sólidos em supermercados, especialmente no que se refere à segregação, redução de perdas e reaproveitamento de materiais, permite identificar padrões operacionais e comportamentais que refletem a dinâmica da geração de resíduos sólidos urbanos nos domicílios e oferece subsídios para o aprimoramento de políticas públicas de gestão integrada de resíduos em ambientes urbanos. Entende-se que o impacto dessa análise ultrapassa os limites do estabelecimento comercial ao tratar o supermercado como um representante do consumo urbano, onde as ineficiências detectadas no grande gerador (excesso de embalagens, perdas de perecíveis) impactam diretamente no planejamento da gestão domiciliar, pois antecipam a tipologia e o volume de materiais que, inevitavelmente chegarão à coleta municipal via domicílios.

## 1.3 Objetivos

### 1.3.1 Objetivo geral

Analisar como a gestão de resíduos supermercadistas reflete a dinâmica urbana, visando criar diretrizes para políticas públicas integradas em cidades circulares.

### 1.3.2 Objetivos específicos

- Avaliar como os autores estão tratando o tema resíduos sólidos urbanos no contexto de cidade circular (Artigo 1).
- Analisar a literatura sobre cidade circular e economia circular, identificando as principais abordagens e estratégias para a gestão sustentável de recursos e resíduos nas cidades (Artigo 1).
- Entender como os resíduos domiciliares provenientes dos bens de consumo não duráveis são discutidos em estudos/pesquisas de cidades circulares (Artigo 1).
- Avaliar as práticas de gestão de resíduos em supermercados, investigando como esses estabelecimentos contribuem para o processamento dos materiais e implementam os princípios da economia circular na redução de resíduos e no reaproveitamento de materiais (Artigo 2).
- Verificar que oportunidades de aprimoramento de políticas públicas de gestão integrada de resíduos e outros insights podem emergir da pesquisa e da análise gestão dos resíduos de bens de consumo não duráveis existentes em grandes geradores-supermercados (Artigo 2).

## 1.4 Procedimento metodológico da pesquisa

Segundo as bases lógicas da investigação o método adotado é do tipo dedutivo. Segundo o objetivo trata-se de uma pesquisa descritiva. Segundo os procedimentos técnicos optou-se por um estudo de caso e quanto à abordagem do problema a pesquisa é de ordem qualitativa. A abordagem qualitativa, de acordo com Gerhardt e Silveira (2009), enfoca o aprofundamento da compreensão de um grupo social ou organização, enquanto a abordagem quantitativa busca a objetividade, utilizando análise de dados brutos com base no positivismo.

A pesquisa foi classificada como descritiva, aplicada e de abordagem qualitativa, complementada por dados quantitativos. O método adotado foi o estudo de caso único (Yin, 2014), adequado para compreender fenômenos complexos em contexto real, com foco na gestão de resíduos em uma grande rede nacional de supermercados.

A unidade de estudo foi definida em parceria entre Hélice® Consultoria, Trashin® e o grupo NIProS/UFRGS, com recorte empírico em sete lojas selecionadas a partir de critérios de disponibilidade de dados, diversidade geográfica, maturidade em práticas de gestão e abertura dos gestores. Essa escolha garantiu equilíbrio entre representatividade e viabilidade, assegurando anonimato da rede.

A delimitação combinou: (i) análise qualitativa aprofundada nas sete lojas, por meio de entrevistas e visitas técnicas, e (ii) análise quantitativa abrangente, baseada em planilhas consolidadas de geração e destinação de resíduos da rede. O objetivo foi captar práticas cotidianas, fluxos de descarte e potenciais estratégias para certificação “Aterro Zero”.

O método de trabalho seguiu protocolo estruturado em: visão geral do estudo, procedimentos de campo, guia de coleta e análise de dados. Foram utilizadas múltiplas fontes de evidência: documentos institucionais, entrevistas estruturadas e não estruturadas, observação direta, registros fotográficos e dados secundários de entidades nacionais e internacionais (ABRAS, ABREMA, UNEP). A análise empregou triangulação horizontal (discursos, práticas observadas e documentos), triangulação vertical (dados qualitativos e quantitativos) e validação externa com benchmarks globais.

Por fim, os achados foram confrontados com cenários prospectivos de certificação “Aterro Zero” e discutidos em colaboração com especialistas da equipe do projeto, subsidiando o desenvolvimento de estratégias de gestão de resíduos domiciliares e a formulação de políticas públicas locais orientadas à valorização dos resíduos em cidades circulares. Os resultados foram então redigidos em dois artigos, o primeiro enfatizando a revisão de literatura e o segundo o estudo de caso.

## 1.5 Delimitações

Esta dissertação delimitou-se à análise de resíduos semiduráveis e não duráveis gerados em supermercados, com foco em uma única rede de abrangência nacional. O recorte empírico privilegiou sete lojas selecionadas a partir da

disponibilidade de dados, diversidade geográfica e abertura dos gestores, o que assegurou profundidade analítica, mas restringiu a representatividade do universo dos supermercados brasileiros, sobretudo pequenos e médios estabelecimentos. Além disso, a investigação concentrou-se em um período específico (2020–2021), o que limita a observação de variações sazonais e estruturais de longo prazo.

## 1.6 Estrutura da dissertação

Esta dissertação está estruturada em quatro capítulos e em documento único. O primeiro capítulo trata da introdução que contextualiza os conceitos da pesquisa e explica o desenvolvimento do trabalho, apresentando o tema, a hipótese, os objetivos geral e específicos, a questão de pesquisa, as justificativas, os procedimentos metodológicos e delimitação da pesquisa.

O segundo capítulo se refere ao Artigo 1 e apresenta uma revisão da literatura trazendo o tema Cidade Circular e os resíduos no contexto mundial, onde autores apresentam estudos de caso, revisões de literatura, dentre outros, em ambientes locais, regionais, em contextos diversos relativo ao tema. Para a revisão foi empregada a Análise de Conteúdo.

O terceiro capítulo apresenta o Artigo 2 com um estudo de caso sobre a análise da gestão de resíduos semiduráveis e não duráveis em supermercados realizada em uma rede de supermercado brasileira a qual é tratada como um grande gerador e que estava a caminho da certificação “Aterro Zero”.

No capítulo quatro estão apresentadas as considerações finais dos estudos realizados unindo a literatura estudada com o estudo de caso propondo assim um conceito sobre cidade circular que engloba os diversos itens avaliados na revisão da literatura. Também, apresenta sugestões para trabalhos futuros relacionados à geração de resíduos.

# 2 PRIMEIRO ARTIGO - UMA AUSÊNCIA PRESENTE: O SILÊNCIO SOBRE RESÍDUOS SÓLIDOS URBANOS NOS ESTUDOS SOBRE CIDADES CIRCULARES

**D´Orleãs Fernando Barcellos de Freitas**

**RESUMO**

O presente estudo realiza uma revisão de literatura sobre como os resíduos sólidos urbanos (RSU), em especial os domiciliares, são abordados em pesquisas sobre cidades circulares. A partir da seleção e análise de 35 artigos publicados entre 2019 e 2024 nas bases Scopus® e Web of Science®, aplicou-se a técnica de análise de conteúdo para classificar abordagens teóricas, tecnológicas e políticas relacionadas à gestão de resíduos em contextos urbanos. Os resultados evidenciam que 74% dos artigos são estudos de caso, com forte concentração geográfica na Europa (81%), e uma predominância de estratégias proativas no tratamento dos resíduos. A pesquisa aponta a escassa atenção dedicada aos resíduos domiciliares e ao papel dos pequenos geradores, sugerindo lacunas importantes na literatura sobre circularidade urbana. Também identifica tendências emergentes, como o uso de tecnologias digitais, a integração de soluções baseadas na natureza (NBS) e o desenvolvimento de frameworks conceituais. Como contribuição, propõe-se uma definição de cidade circular contextualizada à realidade brasileira, com foco na integração de políticas públicas, engajamento comunitário e regeneração urbana. As principais implicações práticas incluem melhorias na gestão de RSU, planejamento urbano circular e formulação de indicadores de desempenho para cidades. Conclui-se que, embora o conceito de cidade circular esteja em expansão, ainda carece de aplicação prática e de maior enfoque nas distintas realidades em diferentes países.

**Palavras-Chave:** Cidade circular, resíduos sólidos urbanos, economia circular, metabolismo urbano, NBS - Soluções Baseadas na Natureza.

## ABSTRACT

This study conducts a literature review on how urban solid waste (MSW), particularly household waste, is addressed in research on circular cities. Based on the selection and analysis of 35 articles published between 2019 and 2024 in the Scopus® and Web of Science® databases, content analysis was applied to classify theoretical, technological, and policy approaches related to waste management in urban contexts. The results show that 74% of the articles are case studies, with a strong geographic concentration in Europe (81%), and a predominance of proactive waste treatment strategies. The research highlights the limited attention devoted to household waste and the role of small-scale generators, suggesting important gaps in the literature on urban circularity. It also identifies emerging trends, such as the use of digital technologies, the integration of nature-based solutions (NBS), and the development of conceptual frameworks. As a contribution, we propose a definition of a circular city contextualized to the Brazilian reality, focusing on the integration of public policies, community engagement, and urban regeneration. The main practical implications include improvements in MSW management, circular urban planning, and the development of performance indicators for cities. It is concluded that, although the concept of a circular city is expanding, it still lacks practical application and greater focus on the different realities in different countries.


**Keywords**: Circular City, Urban Solid Waste, Circular Economy, Urban Metabolism, NBS – Nature Based Solutions.

## 2.1 Introdução

As cidades contemporâneas concentram grande parte dos fluxos globais de materiais, energia, pessoas e capital, consumindo entre 60% e 80% dos recursos naturais, sendo responsáveis por aproximadamente 75% das emissões de gases de efeito estufa (GEE) e pela geração de cerca de 50% dos resíduos sólidos (Williams, 2019). A Organização das Nações Unidas (ONU) projeta que, até 2050, cerca de 66% da população mundial viverá em áreas urbanas, e a pegada urbana global pode triplicar até 2030, elevando a demanda por recursos naturais e intensificando os impactos ambientais (Carriere *et al*. 2020). Esses dados evidenciam a necessidade de repensar os atuais modelos de produção e consumo nos espaços urbanos.

A Economia Circular (EC) tem ganhado destaque como um novo referencial para a sustentabilidade, propondo a transição do modelo linear de extração, uso e descarte de recursos para estratégias de prolongamento do ciclo de vida dos materiais, por meio da reutilização, reciclagem, remanufatura e regeneração dos ecossistemas (Ellen Macarthur Foundation, 2013). A aplicação desses princípios ao espaço das cidades dá origem ao conceito de cidade circular, entendido como uma abordagem que busca estruturar fluxos urbanos em ciclos fechados, com maior eficiência no uso de recursos e redução de impactos ambientais (Lakatos *et al*. 2021; Paiho *et al*. 2021).

A cidade circular tem se consolidado como uma proposta de reorganização urbana orientada por inovação, resiliência e sustentabilidade. Entretanto, à medida que o conceito ganha destaque, observa-se uma lacuna. A literatura sobre cidades circulares tende a privilegiar dimensões produtivas, tecnológicas e espaciais da circularidade, estratégias de redução do consumo de recursos, estratégias de minimização da geração, em detrimento da gestão cotidiana dos resíduos sólidos urbanos, provenientes de pequenos geradores (resíduos domiciliares) ou de grandes geradores (Antunes *et al*. 2022; Prendeville *et al*. 2018; Cavaleiro, 2019). Essa lacuna, embora seja justificável, contrasta com a abordagem do metabolismo urbano, que há décadas se dedica à análise dos fluxos materiais das cidades, incluindo com ênfase os resíduos gerados, processados e descartados no ambiente urbano (Feiferytė-Skirienė e Stasiškienė, 2021; Zago *et al*. 2019).

Considerando-se que a circularidade é dependente de estratégias como reuso, reciclagem e outras, o bom gerenciamento dos resíduos urbanos ganha relevância

tanto na redução de impacto direto sobre o meio ambiente decorrente de descarte inadequado de resíduos, quanto no provimento de materiais reciclados que venham a substituir o consumo de materiais virgens por manufaturadores. Por outro lado, a análise gravimétrica e a composição desses resíduos são dados valiosos para mensuração do desempenho da própria Economia Circular e ações de motivação das populações com a produção, consumo e descarte de materiais.

Uma análise preliminar da literatura aponta que estudos sobre cidades circulares em diversas escalas e contextos, como Nápoles (Cerreta *et al*. 2020), Singapura (Carriere *et al*. 2020), Amsterdã (Savini, 2019), Londres e Paris (Williams, 2021), Indonésia (Nurdiana *et al*. 2021) e Finlândia (Paiho *et al*. 2021), são superficiais no debate sobre os resíduos domiciliares cotidianos e sua integração nos modelos circulares urbanos. A ausência de uma definição consensual de cidade circular e a fragmentação dos enfoques sobre resíduos sugerem a necessidade de uma sistematização crítica da literatura e um olhar criterioso sobre as oportunidades que os resíduos podem conter, no contexto da literatura sobre cidades circulares.

No Brasil, por exemplo, os resíduos sólidos urbanos (RSU) são compostos majoritariamente por matéria orgânica (45%), seguida por plásticos (17%), rejeitos (16%) e papel/papelão (10%) (SINIR, 2021). Contudo, a baixa frequência e a padronização dos estudos gravimétricos limitam a compreensão da fração orgânica e a eficácia das políticas públicas de gestão de resíduos (Zago *et al*. 2019). Ainda que os cidadãos sejam fontes centrais na geração e descarte de materiais, especialmente nas residências (pequenos geradores), a literatura pouco discute seu papel nos sistemas circulares urbanos. Bernstad (2014) e Izdebska e Knieling (2020), por exemplo, destacam a importância da triagem e da conscientização individual para o sucesso da EC. Mas o resíduo urbano é formado também por grandes geradores, incluindo varejo, escolas, empresas, hospitais e outros.

A Política Nacional de Resíduos Sólidos (PNRS), instituída pela Lei nº 12.305/2010 (Brasil, 2010), atribui aos grandes geradores a responsabilidade integral pela gestão e destinação final ambientalmente adequada dos resíduos que produzem. Isso abrange desde a separação na fonte, o acondicionamento seguro, a contratação de serviços especializados de coleta e transporte, até o tratamento adequado dos resíduos. A meta é garantir que o manejo não cause riscos à saúde pública ou ao meio ambiente, exigindo a conformidade com padrões rigorosos em todas as etapas do processo (Brasil, 2010). Entretanto, dependendo dos limites de descarte,

estabelecido nas leis municipais, entre pequeno e grande gerador, os materiais descartados por grandes geradores são coletados pelo poder público.

No Brasil, além das responsabilidades diretas sobre seus próprios resíduos, os grandes geradores são também corresponsáveis pela implementação da logística reversa de produtos e embalagens. Este instrumento da Política Nacional de Resíduos Sólidos (PNRS) visa ao retorno de itens pós-consumo ao setor produtivo, para seu reaproveitamento ou descarte ambientalmente correto. Essa obrigação se estende pela cadeia de valor, incluindo fabricantes, importadores, distribuidores e comerciantes, reforçando o compromisso com a sustentabilidade e a economia circular (Brasil, 2010). Apesar da PNRS ter sido regulamentada em 2022, pelo Decreto nº 10.936/2022, tanto grandes quanto pequenos geradores continuam descumprindo as determinações da lei, o que impacta a efetividade da circularidade de materiais provenientes dos resíduos nas cidades brasileiras.

Com base nesse cenário, este artigo busca responder às seguintes perguntas:

(i) De que modo os resíduos sólidos urbanos estão sendo tratados nas pesquisas sobre cidades circulares em diferentes localidades do mundo?

(ii) Que oportunidades emergem destes estudos em termos de estratégias tecnológicas e políticas para o manejo de RSU em cidades circulares?

O objetivo do estudo foi identificar estratégias tecnológicas e políticas de manejo de RSU, no contexto de cidades circulares, utilizando como ferramenta a revisão da literatura.

No campo teórico, a pesquisa propõe uma categorização analítica dos estudos e uma definição conceitual fundamentada da cidade circular, útil para futuros trabalhos acadêmicos e aplicações em políticas públicas.

## 2.2 Referencial Teórico

Os principais conceitos envolvidos na pesquisa incluem cidades circulares, conceitos e importância do tema, gestão de resíduos sólidos urbanos (RSU) visando a circularidade e os indicadores de Economia Circular (EC) nas cidades.

### 2.2.1 Cidades Circulares e Resíduos Sólidos Urbanos (RSU)

A cidade circular é um modelo urbano baseado nos princípios da Economia Circular (EC), a qual busca substituir o paradigma linear de **extrair, produzir,**

**descartar** por estratégias voltadas à reutilização de recursos, eficiência energética e recuperação de materiais. Essa abordagem integra fluxos multissetoriais com o objetivo de alcançar sustentabilidade econômica, ambiental e social (Lakatos *et al*. 2021; Feiferytė-Skirienė e Stasiškienė, 2021).

Estudos empíricos têm ilustrado a aplicação da cidade circular em diferentes contextos. Cerreta *et al*. (2020) analisam sua implementação na Itália, com foco em recursos marinhos e bem-estar urbano; Gravagnuolo *et al*. (2019) propõem o conceito de cidade-região circular para o planejamento sustentável; e Maglio (2022) discute sua adoção em cidades como Amsterdã e Milão frente aos desafios climáticos e populacionais. No setor da construção, Hjaltadóttir e Hild (2021) e Cheirchanteri (2020) evidenciam barreiras como a falta de transparência e cooperação entre atores em Luxemburgo e Gotemburgo, reforçando a necessidade de transição para práticas circulares.

A construção de cidades circulares exige abordagens intersetoriais e integradas. Paiho *et al*. (2021) destacam soluções combinadas em mobilidade, energia e alimentação; Nika *et al*. (2020) ressaltam a importância de uma gestão holística dos sistemas hídricos; e Antunes *et al*. (2022) chamam atenção para a percepção dos habitantes em projetos circulares. Tais iniciativas revelam a importância da inovação e da cooperação entre atores locais. Contudo, embora a literatura destaque o papel estratégico das cidades na EC, a gestão de resíduos sólidos urbanos (RSU) é tratada de forma secundária.

A Política Nacional de Resíduos Sólidos (Lei nº 12.305/2010) insere o Brasil nesse debate ao promover conceitos como responsabilidade compartilhada e logística reversa. A norma NBR 10004 (ABNT, 2004) classifica os resíduos sólidos conforme sua origem, abrangendo tanto domicílios quanto grandes geradores. Segundo a ABRELPE (2022), os RSU brasileiros são compostos majoritariamente por matéria orgânica e recicláveis, como plásticos, papel, vidro e metais, reforçando a necessidade de estratégias específicas para essa composição.

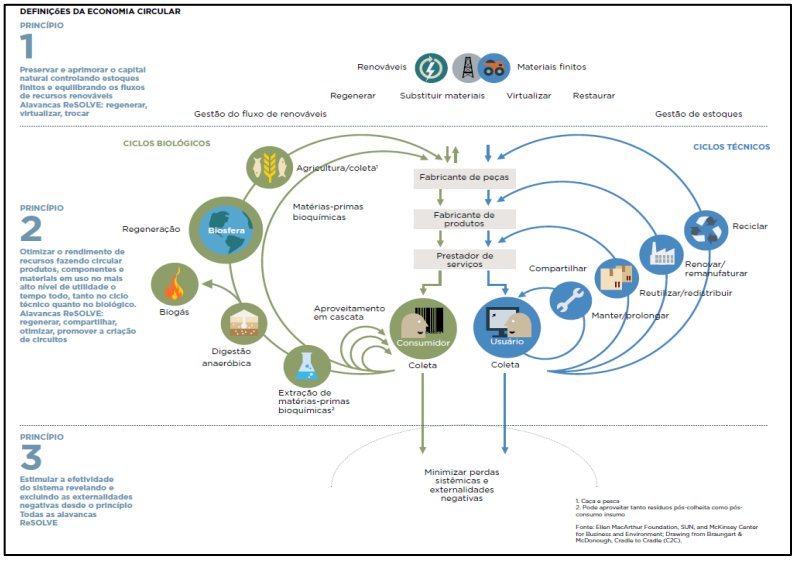
A gestão eficaz dos RSU exige integração entre políticas públicas, planejamento urbano e educação ambiental. Paes *et al*. (2021) destacam a importância de ações articuladas entre os níveis de governo e o engajamento da sociedade para promover mudanças nos padrões produtivos. Savini (2019) e Williams (2019) reforçam que a transição circular demanda transformação cultural, vontade política e participação cidadã.

Estudos recentes indicam avanços na construção de redes circulares e estratégias de simbiose urbana voltadas à reciclagem. Shi *et al*. (2023) propõem soluções colaborativas entre diferentes agentes urbanos, com destaque para o potencial de economia de recursos e redução de emissões. Tais práticas, associadas a modelos de governança abrangente (Obersteg *et al*. 2019), podem fortalecer a circularidade nas cidades ao superar desafios técnicos, regulatórios e sociais.

### 2.2.2 Economia Circular: níveis, princípios e a relação com os resíduos urbanos

A Economia Circular (EC) tem se consolidado como uma alternativa ao modelo linear de produção e consumo, ao propor a dissociação entre crescimento econômico e uso de recursos finitos, com base em estratégias de regeneração, reutilização e valorização de materiais (Ellen Macarthur Foundation, 2015). Esta fundação definiu três princípios para a EC destacados na Figura 1.

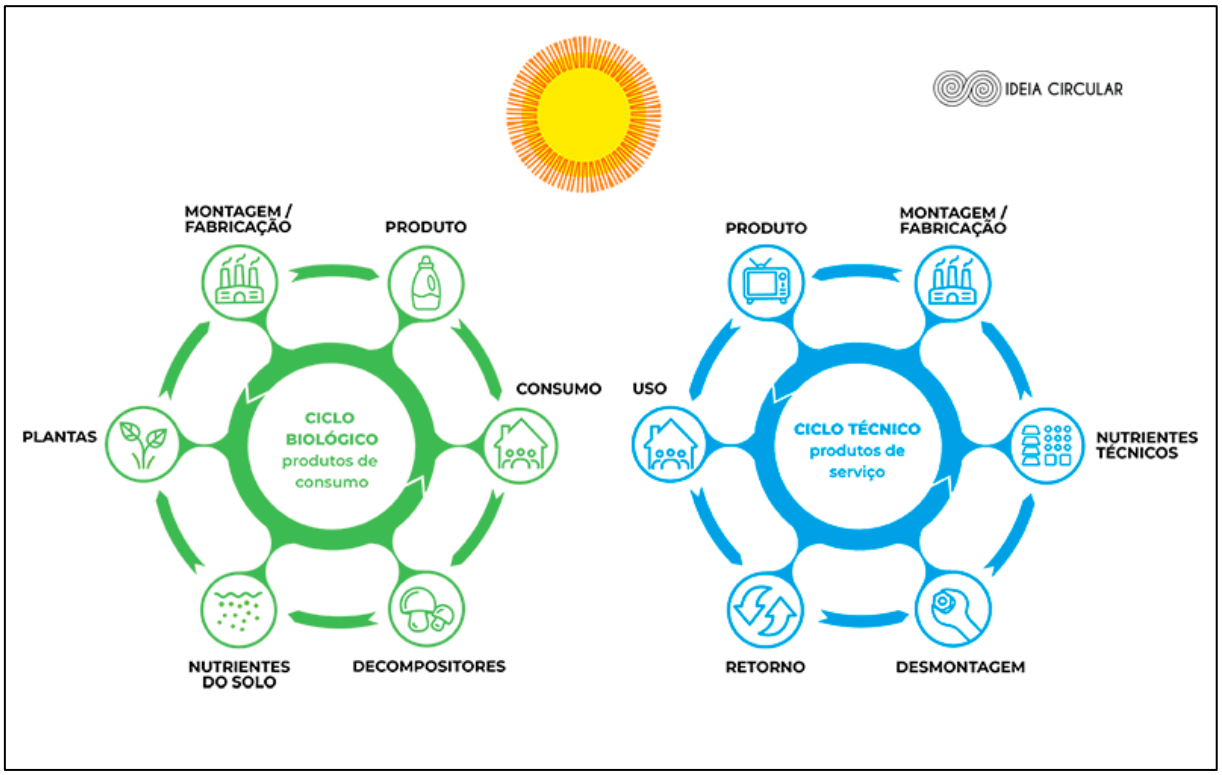
Figura 1 - Diagrama Sistêmico da Economia Circular




Fonte: Ellen MacArthur Foundation – EMF. CE100 Brasil - Uma Economia Circular no Brasil: uma abordagem exploratória inicial, 2017, p.11

A Figura 2 distingue com mais detalhes os ciclos, biológico e técnico, da EC. O ciclo biológico reintegra materiais biodegradáveis na natureza, nutrindo ecossistemas e evitando resíduos permanentes, através de compostagem, produção de biogás e outras estratégias naturais. O ciclo técnico foca em materiais não biodegradáveis, visando à reutilização, reparo, reciclagem ou remanufatura, minimizando o uso de novos recursos e a pegada ecológica, estendendo a vida útil dos produtos (Ellen MacArthur Foundation, 2015).

Figura 2 – Imagem do Ciclo biológico (consumo) e ciclo técnico (serviços) da Economia Circular




Fonte: Disponível em: https://ideiacircular.com/ciclo-tecnico-e-ciclo-biologico/. Acesso em maio de 2024.

O *World Business Council for Sustainable Development* (WBCSD) desenvolveu uma classificação multinível para fins de avaliação de desempenho dos sistemas circulares. A classificação dos estudos, quando abrange a otimização do design de produtos e componentes, é de nível nano. Caso o estudo envolva estratégias que passam por empresas e o comportamento de consumidores, daí é denominado de nível micro. Se o estudo inclui a colaboração e os fluxos de recursos entre parques industriais e zonas produtivas, denomina-se o estudo de nível meso. Por fim, se a avaliação de desempenho inclui as políticas públicas, a gestão de resíduos e os fluxos de materiais em escala de cidades e países, o estudo é classificado como nível macro (WBCSD, 2023 e Soto *et al*. 2024).

O WBCSD, por meio de sua estrutura de Indicadores de Transição Circular (CTI), foca primariamente no nível micro, auxiliando empresas a quantificar seu desempenho circular, enquanto a análise de Edgerton (2018) também converge para as métricas empresariais, revelando a diversidade de abordagens de medição adotadas pelas empresas. Por sua vez, a discussão conceitual de Nobre e Tavares (2021) sobre a complexa definição da economia circular lança luz sobre os desafios

inerentes à criação de indicadores robustos e consistentes em todas essas distintas escalas, incluindo a avaliação do impacto de políticas e infraestruturas no nível macro.

A operacionalização desses níveis requer métricas que considerem fluxos de massa, energia e valor econômico. Nesse sentido, a Análise de Fluxo de Materiais (MFA) tem sido amplamente utilizada por instituições como a Comissão Europeia, Japão e China para mensurar o impacto da EC em nível nacional e urbano (Linder *et al*. 2017; Banaité, 2016). Além disso, diagramas de laços causais (CLDs) e pensamento sistêmico, como a simulação por dinâmica de sistemas, por exemplo, vêm sendo aplicados para compreender a dinâmica territorial da EC e orientar decisões públicas e empresariais (Bassi *et al*. 2021 e Jaeger *et al*. 2024).

A EC envolve ações como redução do consumo, eficiência na produção, reutilização e reciclagem de materiais, e adoção de modelos de negócios voltados à prevenção de resíduos (Sani *et al*. 2021). Essas estratégias se articulam em dois ciclos principais: o biológico, voltado à reintegração de resíduos biodegradáveis à natureza, e o técnico, centrado na manutenção de materiais industriais por meio de reparo, remanufatura e reuso (Ellen Macarthur Foundation, 2015).

No entanto, ao ser aplicada ao contexto urbano, a EC enfrenta limitações conceituais. Conforme Williams (2019), sua implementação nas cidades pode contribuir significativamente para resolver desafios socioeconômicos e ambientais, mas depende de princípios ainda pouco consolidados — especialmente no que se refere à gestão de resíduos urbanos. Como apontam Domenech e Borrion (2022), ainda é incipiente a incorporação da EC na regeneração urbana e na formulação de políticas que abordem de forma sistêmica os fluxos de resíduos cotidianos, como os domiciliares.

Além disso, a diversidade espacial e institucional das cidades impõe desafios à uniformização de estratégias. Obersteg *et al*. (2020) ressaltam a necessidade de adaptar os princípios da EC às especificidades locais, levando em conta a estrutura urbana, a governança e o engajamento das partes interessadas. Isso inclui também reconhecer o papel estratégico dos resíduos sólidos urbanos como componente essencial da circularidade, o que exige indicadores mais sensíveis aos diferentes tipos de geradores, algo ainda pouco explorado em muitos modelos propostos.

Por fim, diversas iniciativas demonstram o potencial de envolver cidadãos na lógica do reuso e do prolongamento da vida útil dos objetos, revelando que a EC não se limita à infraestrutura ou à indústria, mas depende de mudanças culturais e

comportamentais (Colombijn e Egboko, 2023). Para que esse potencial seja plenamente explorado, é fundamental que a lógica de reuso e prolongamento da vida útil de materiais seja abraçada por grandes geradores de resíduos, como os supermercados, por exemplo. Estes têm, em tese, a oportunidade de influenciar significativamente a cadeia de valor, tanto na implementação de práticas internas de redução e reuso, quanto na oferta de soluções e serviços que facilitem a participação do consumidor e do cidadão e minimizem o impacto ambiental, social e econômico-financeiro.

### 2.2.3 Indicadores de Economia Circular (EC) nas cidades

A adoção de indicadores é essencial para mensurar a transição da economia linear para a circular, orientar políticas públicas e avaliar os impactos ambientais, sociais e econômicos das ações implementadas nas cidades. Diferentes autores têm proposto métricas para captar dimensões específicas da circularidade urbana, considerando desde a gestão de resíduos até o uso de recursos naturais, infraestrutura e comportamento cidadão.

Foster e Saleh (2021) propõem o conceito de *Adaptive Reuse of Cultural Heritage* (ARCH), que visa mensurar a eficiência na reutilização adaptativa de edifícios históricos. O índice criado busca avaliar o progresso da EC em contextos urbanos ligados ao patrimônio, sendo relevante diante das metas do Pacto Verde Europeu e da Estratégia de Renovação de Edifícios (2020).

Rodrigues e Franco (2021), por sua vez, desenvolvem um ranking de sustentabilidade ambiental entre cidades portuguesas, com base em consumo de energia e água, produção e gestão de resíduos. A análise revelou forte heterogeneidade entre as localidades, reforçando a importância de alinhar infraestrutura, capacidade institucional e consciência ambiental para alcançar os objetivos de circularidade.

Heshmati e Rashidghalam (2021) propõem um índice paramétrico multidimensional que abrange oito componentes, incluindo coleta e reciclagem de resíduos, emissão de poluentes, investimento público, transporte limpo e energia renovável. Aplicado a municípios, o índice identificou disparidades associadas a fatores como localização geográfica, densidade populacional, presença industrial e nível de investimento em infraestrutura circular.

Paiho *et al*. (2020) reforçam que a definição conceitual de cidade circular deve estar atrelada ao uso de indicadores específicos e metas claras, permitindo que o planejamento urbano se oriente de forma mais eficaz. Para além dos aspectos técnicos, Lakatos *et al*. (2021) destacam o papel das tecnologias inteligentes como facilitadoras da coleta e uso de dados, promovendo maior eficiência no uso de recursos e na gestão de resíduos.

Embora o debate sobre indicadores de EC seja dominado por experiências do Norte Global, estudos latino-americanos também têm contribuído com abordagens contextualizadas. Dias (2016) propõe a inclusão dos catadores de materiais recicláveis como critério de justiça social nos indicadores. CEPAL (2021) mapeia experiências em cidades como Bogotá, Quito e Montevidéu, as quais articulam infraestrutura, participação cidadã e circularidade.

Esses esforços ressaltam a importância de desenvolver métricas sensíveis às especificidades espaciais, sociais e institucionais, garantindo que os indicadores de EC nas cidades reflitam não apenas desempenho técnico, mas também inclusão, justiça e viabilidade local.

## 2.3 Procedimentos metodológicos

Este estudo caracteriza-se como uma pesquisa qualitativa (Gerhardt e Silveira, 2009) e, segundo o procedimento técnico, é classificada como uma pesquisa bibliográfica. Está fundamentada na técnica de análise de conteúdo proposta por Bardin (1977). A escolha dessa abordagem justifica-se pela necessidade de interpretar os dados de maneira sistemática, permitindo a identificação de categorias e padrões relevantes na literatura.

A análise será conduzida com foco na forma como os autores abordam o tema cidade circular e os resíduos sólidos urbanos (RSU) em diferentes localidades, além da identificação das oportunidades emergentes em termos de estratégias tecnológicas e políticas para o manejo de RSU em cidades circulares, visando responder às questões de pesquisa: (i) De que modo os resíduos sólidos urbanos estão sendo tratados nas pesquisas sobre cidades circulares em diferentes localidades do mundo? (ii) Que oportunidades emergem destes estudos em termos de estratégias tecnológicas e políticas para o manejo de RSU em cidades circulares?

### 2.3.1 Coleta de Dados e Critérios de Seleção

A coleta de dados se deu por meio da consulta a bases de dados científicas reconhecidas Scopus® e a Web of Science®, por fornecerem documentos científicos nas áreas de ciências, ciências sociais, artes e humanidades, todos relacionados à temática da pesquisa: cidades circulares e resíduos sólidos urbanos.

Para garantir a relevância dos estudos incluídos, foram definidos critérios de inclusão e exclusão empregando as palavras-chave ***circular cit**** em combinação com os termos ***urban*** e ***waste***, excluindo os resíduos orgânicos por meio da expressão **not** juntamente com a palavra-chave **organic**. Optou-se por concentrar a investigação nos resíduos que potencialmente alimentariam o ciclo técnico da economia circular, como plástico, metais, vidros, papel e outros.

Foram considerados documentos disponíveis nas bases de dados, independentemente do idioma, abrangendo desde o período inicial de publicações, que foi de 2019 até o ano de 2024. Desse processo, foram encontrados 63 artigos na Web of Science e 82 artigos na Scopus.

A análise foi restrita a apenas a artigos publicados, excluindo livros, capítulos de livros, conferências e revisões pois esses materiais, em sua maioria, não passam por revisão por pares e apresentam menor rigor metodológico. Quanto ao idioma a análise foi exclusivamente de publicações em inglês.

Das análises, resultaram 40 artigos na Web of Science e 45 artigos na Scopus, conforme apresentado no Quadro 1. Após a leitura dos títulos, identificaram-se 34 artigos duplicados. Com sua remoção, obteve-se uma amostra final de 35 artigos para o estudo.

#### *2.3.1.1 Pré-análise*

Consistiu na leitura flutuante dos textos e na organização preliminar do material, com definição dos objetivos do estudo e das categorias de análise. Aqui, foram delimitadas as categorias iniciais relacionadas às abordagens sobre cidade circular e manejo de resíduos sólidos urbanos, bem como aspectos tecnológicos e políticos emergentes desses estudos.

Com a leitura completa dos artigos, foram identificados 16 artigos que não estavam efetivamente de acordo com os objetivos da pesquisa e foram eliminados pois eram relacionados, por exemplo, à regeneração de patrimônios culturais e de

paisagens urbanas, tratavam do comportamento do consumidor como ação prioritária do processo de transição para a economia circular, agricultura urbana para o desenvolvimento sustentável e saudável, poluição sonora em ambientes urbanos, entre outros.

O resultado após a eliminação foi de 35 artigos, os quais fizeram parte do *corpus* de análise, como demonstrado no Quadro 1. Nessa etapa, todos os artigos foram classificados e numerados em ordem sequencial conforme a sequência de leitura.

Quadro 1 - Resultado da busca nas bases de dados e a seleção dos artigos

| BASE DE DADOS | ETAPA | STRINGS DE BUSCA E PROCEDIMENTOS | TIPO DE DOCUMENTO | IDIOMA | QUANTIDADE DE ARTIGOS |
|---|---|---|---|---|---|
| Web of Science | 1ª | circular cit* (All Fields) AND waste (Topic) NOT organic (Topic) | Todos | Todos | 63 |
| | 2ª | Idioma em inglês, livros, conferências e capítulos de livro | Artigos publicados | Inglês | **40** |
| Scopus | 1ª | ( TITLE-ABS-KEY ( CIRCULAR CIT* ) AND TITLE-ABS-KEY ( waste ) AND TITLE-ABS-KEY (urban) AND NOT TITLE-ABS-KEY (organic) ) | Todos | Todos | 82 |
| | 2ª | Idioma em inglês, livros, conferências e capítulos de livro | Artigos publicados | Inglês | **45** |
| | | Subtotal (WEB + SCOPUS) | | | **85** |
| | | Remoção de 34 artigos duplicados | | | 51 |
| | | Artigos que não estavam de acordo com os objetivos da pesquisa | | | 16 |
| | | **TOTAL DE ARTIGO DO CORPUS DA PESQUISA** | | | **35** |

Fonte: Elaborado pelo autor (2025)

### *2.3.1.2 Procedimento de Análise de conteúdo*

A análise dos textos selecionados seguiu as etapas metodológicas descritas por Bardin (1977) e Myers (2009), a saber:

### *2.3.1.3 Preparação*

Os artigos analisados foram salvos no formato pdf em uma pasta do Onedrive®. Por se tratar somente de artigos, não houve a necessidade de codificação.

### *2.3.1.4 Unitarização do conteúdo*

A unitarização consiste em reler os materiais e construir categorias que serão usadas para classificação dos achados durante a leitura. Em análise de conteúdo durante a unitarização, é necessário estabelecer as unidades de contexto e unidades de análise, conforme descrito a seguir.

As unidades de contexto são, em geral, mais amplas que as unidades de análise e servem de referência para a análise de conteúdo, fixando limites contextuais,

para interpretação de significado (Franco, 2021). Foram definidas 6 categorias como unidades de contexto, como descrito no Quadro 2.

Quadro 2 - Resumo e descrição das unidades de contexto e das unidades de registro

| TIPO DE UNIDADE | DESCRIÇÃO DA UNIDADE DE CONTEXTO | UNIDADES DE REGISTRO |
|---|---|---|
| Unidade de contexto | 1. Tipo de procedimento da pesquisa | Ex, Estudo de caso; Pesquisa Bibliográfica; Pesquisa-ação, etc. |
| | 2. Natureza da pesquisa | Exploratória ou aplicada |
| | 3. Objeto da Pesquisa | Analisar resíduos da construção civil; desenvolver políticas públicas, aplicar metodologia específica, etc. |
| | 4. Duração do estudo | 0 a 5 anos; mais de 5 anos; não definida |
| | 5. Palavras-chave (mais de duas repetições) | Circular economy; circular cities, urban metabolismo, sustainable, indicators, NBS, AI, etc. |
| | 6. Ano de publicação da pesquisa | 2019 a 2024 |

Fonte: Elaborado pelo autor (2025)

As unidades de análise são elementos unitários de conteúdo a serem submetidos à classificação. As unidades de análise devem representar conjuntos de informações que tenham significado completo em si mesmas (Franco, 2021). Foram definidos 3 tipos de unidades de análise contendo suas unidades de registro, conforme descrito no Quadro 3.

Quadro 3 – Resumo e descrição das unidades de análise e das unidades de registro

| TIPOS DE UNIDADE | DESCRIÇÃO DAS UNIDADES DE ANÁLISE | | UNIDADES DE REGISTRO |
|---|---|---|---|
| Unidade de análise | 1. Classificação para fins de análise de desempenho | Nível de classificação do WBCSD | Micro (produto, organização e consumidores individuais); Meso (Zona industrial da cidade, parque industrial) Macro (Cidade, país) |
| | 2. Informações sobre a pesquisa em resíduos sólidos | Origem do resíduo (PNRS) | Pequeno gerador (residências e condomínios); Grande gerador (empresas, indústrias) |
| | | Tipo de resíduo (PNRS) | Ex. Construção civil; Sólidos e orgânicos; Madeira; Orgânico, eletrônico e recicláveis; Não definido; etc. |
| | | Tratamento dado ao resíduo | Proativo (prévio para evitar e geração do resíduo); Reativo (posterior à geração do resíduo) |
| | | Estratégias adotadas na pesquisa | Reduzir; reutilizar, reciclar, outro |
| | | Tipo de abordagem do estudo | Análise Econômica, financeira, social, outra |
| | | Ciclo da Economia circular | Técnico; biológico, ambos |
| | 3. Área de conhecimento do estudo | Tipo de abordagem | Economia circular, cidade circular, metabolismo urbano, outro |

Fonte: Elaborado pelo autor (2025)

As categorias criadas atenderam aos critérios de exaustividade, pertinência, homogeneidade e de representatividade, de acordo com Bardin (1977), relativos ao tema cidade circular e resíduos sólidos urbanos.

### *2.3.1.5 Categorização dos achados*

Todo o processo de codificação foi realizado manualmente com o auxílio de planilhas do Excel®, onde foram identificados os principais enfoques dos autores sobre cidades circulares e RSU, além das estratégias tecnológicas e políticas propostas nos estudos analisados conforme Figura 3. A relação completa das pesquisas realizadas bem como a categorização dos achados pode ser consultada na planilha de dados suplementar.

Os achados foram classificados dentro das unidades de contexto e de análise descrita no item 3.2.2. Também, foram classificados quanto à cidade, pais e ao continente do estudo, se a medida adotada era de início de tubo (refere-se a ações e tecnologias que buscam minimizar a geração de resíduos e poluição no início do processo de produção) ou de fim de tubo (refere-se a medidas tomadas no final do processo para tratamento e controle dos resíduos, antes de serem descartados no meio ambiente, assim como se eram pesquisas com iniciativa pública, privada ou acadêmica. Os achados foram analisados por dois especialistas em Economia Circular.

Figura 3 – Itens do processo de codificação dos artigos

| INFORMAÇÕES SOBRE OS ARTIGOS | | | | | | | UNIDADE DE CONTEXTO | | | | | | UNIDADE DE ANÁLISE | | | | | | | | OUTRAS ANÁLISES | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | | | | | TIPO DE PROCEDIMENTO DA PESQUISA | NATUREZA DA PESQUISA | OBJETO DA PESQUISA | DURAÇÃO DO ESTUDO | PALAVRAS-CHAVE | ANO PUBLICAÇÃO DA PESQUISA | CLASSIFICAÇÃO PARA FINS DE ANÁLISE DE DESEMPENHO | INFORMAÇÕES SOBRE A PESQUISA EM RESÍDUOS SÓLIDOS | | | | | | ÁREA DO CONHECIMENTO DO ESTUDO | | | | | |
| Nº | BASE DE DADOS | AUTOR | TÍTULO | PALAVRA-CHAVE | RESUMO | LINK DO ARTIGO | | | | | | | | ORIGEM DO RESÍDUO | TIPO DE RESÍDUO | TRATAMENTO DADO AO RESÍDUO | ESTRATÉGIAS ADOTADAS NA PESQUISA | TIPO DE ABORDAGEM DO ESTUDO | CICLO DA ECONOMIA CIRCULAR | | CIDADE | PAIS | CONTINENTE DO ESTUDO | MEDIDA ADOTADA (INÍCIO OU FIM DE TUBO) | INICIATIVA (privada, pública ou acadêmica) |
| | | | | | | | Estudo de caso; Pesquisa Bibliográfica; Pesquisa-ação, etc | EXPLORATÓRIA OU APLICADA | | 0 a 5 anos Mais de 5 anos Não Definido | (com mais de duas repetições) | 2019 a 2024 | Nível de classificação do WBCSD Micro (produto, organização e consumidores individuais); Meso (Zona industrial da cidade, parque industrial) Macro (Cidade, país) | Pequeno gerador (residências e condomínios); Grande gerador (empresas, indústrias) | Ex. Construção civil; Sólidos e orgânicos; Madeira; Orgânico, eletrônico e recicláveis; Não definido; etc | Proativo (prévio para evitar e geração do resíduo); Reativo (posterior à geração do resíduo) | Reduzir; reutilizar, reciclar, outro | Análise Econômico, financeira, social, outra | Técnico; biológico, ambos | TIPO DE ABORDAGEM Economia circular, cidade circular, metabolismo urbano, outro | | | | | |
| (...) | | | | | | | | | | | | | (...) | | | | | | | | | | | | (...) |
| (...) | | | | | | | | | | | | | (...) | | | | | | | | | | | | (...) |

Fonte: Elaborado pelo autor (2025)

## 2.4 Resultados e discussão

A revisão da literatura revelou que a abordagem do tema **Cidade Circular e resíduos urbanos não orgânicos** se concentrou entre 2019-2024. A aplicação do termo Economia circular no contexto urbano (cidade como sistema circular) ganhou força com os primeiros estudos da Ellen MacArthur Foundation, por volta de 2017–2019, que exploraram explicitamente como as cidades podem transitar para modelos circulares (Miyashiro *et al*, 2023), razão pela qual o levantamento teve o ano de 2019 como ponto de partida.

Os 35 artigos foram agrupados por ano de publicação, de modo a avaliar possíveis tendências, e podem ser vistos na Tabela 1.

Tabela 1 – Resumo das pesquisas por ano de publicação

| Ano de publicação da pesquisa | Frequência |
|---|---|
| 2019 | 5 |
| 2020 | 4 |
| 2021 | 11 |
| 2022 | 4 |
| 2023 | 3 |
| 2024 | 8 |

Fonte: Elaborado pelo autor (2025)

Observou-se uma maior concentração de artigos no ano de 2021 (31,4%). Nos anos de 2019, 2020, 2022 e 2023, as publicações se mantiveram em níveis próximos. Em 2024, último ano de análise, foram 8 (22,8%) publicações revelando que o tema das cidades circulares ainda se encontra em crescimento na literatura. Descritivamente, os estudos foram classificados e quantificados quanto à localização onde a abordagem ocorreu, conforme descrito na Tabela 2.

Tabela 2 - Resumo das cidades, países e continentes dos estudos

| Continente | País | Frequência |
|---|---|---|
| América | Brasil, Argentina, EUA, Panamá e Canadá | 5 |
| Ásia | Tailândia, Japão, Índia, Indonésia, Malásia, Vietnã, Filipinas e China | 11 |
| Europa | Alemanha, Áustria, Bélgica, Dinamarca, Eslováquia, Espanha, França, Finlândia, Holanda, Itália, Inglaterra, Islândia, Lituânia, Noruega, Países Baixos, Portugal, Reino Unido, República Checa, Romênia, Suécia e Suíça | 77 |
| Oceania | Nova Zelândia e Austrália | 2 |

Fonte: Elaborado pelo autor (2025)

O continente europeu aparece com a maior quantidade de cidades estudadas e representa 81,0%. O continente asiático corresponde a 11,6%, a América 5,2% e a Oceania 2,1%. A África e a Antártida são os dois continentes que não fizeram parte dos estudos analisados. Geralmente, os estudos ocorrem por conveniência em

localidades de acesso aos pesquisadores, mas que também disponham de caso de interesse. A concentração geográfica mostra desigualdade de distribuição dos casos estudados. São escassos os estudos realizados em países em desenvolvimento, onde os desafios relacionados à gestão de resíduos e à inclusão socioeconômica são mais intensos, e onde ainda há menor avanço em soluções voltadas para cidades circulares e temas afins. Gama e Russo (2024) confirmam que existem desafios comuns entre a gestão de resíduos em cidades europeias e brasileiras, porém também, particularidades. Municípios em países em desenvolvimento frequentemente enfrentam lacunas significativas de financiamento, marcos regulatórios fragmentados e capacidade institucional limitada para implementar políticas de gestão de resíduos.

Em relação aos procedimentos metodológicos adotados em cada estudo, foram contabilizadas suas frequências e os resultados estão resumidos na Tabela 3.

Tabela 3 - Resumo das pesquisas relativo ao procedimento da pesquisa

| Tipo de procedimento da pesquisa | Frequência |
|---|---|
| Bibliográfica, RSL e Estudo de Caso | 27 |
| Bibliográfica e Análise de Dados | 4 |
| Bibliográfica e pesquisa de campo | 1 |
| Bibliográfica e Modelagem Computacional | 1 |
| Bibliográfica e Modelagem Matemática | 1 |
| Bibliográfica e Modelagem Espacial | 1 |

Fonte: Elaborado pelo autor (2025)

A análise dos 35 estudos indica uma predominância da abordagem bibliográfica, com 27 estudos combinando revisão teórica com estudo de caso, cerca de 77%. Esse padrão sugere um forte interesse na contextualização e aprofundamento de fenômenos específicos. Outras metodologias incluíram Análise de Dados (~11% do total), Modelagem Espacial (~3% do total), Modelagem Matemática, Modelagem Computacional e Pesquisa de Campo, demonstrando tentativas de conectar teoria e prática. No entanto, métodos quantitativos aparecem em menor proporção, indicando um foco mais qualitativo nos estudos. Essa configuração revela a natureza do problema de pesquisa abordado pelos pesquisadores da área **cidade circular**. Os pesquisadores da área metabolismo urbano tendem a abordar quantitativamente a análise das cidades (Feiferytė-Skirienė e Stasiškienė, 2021; Zago *et al*. 2019).

Outra hipótese é o fato de que as cidades são sistemas complexos e que dados organizados nem sempre estão disponíveis, sendo domínio dos gestores públicos. Encontrar dados sistematizados não é tarefa simples, mas é urgente expandir os estudos quantitativos para enriquecer as análises e oferecer perspectivas

complementares, permitindo uma triangulação mais robusta entre teoria, observação prática e representações numéricas.

Considerando a natureza da pesquisa, observou-se uma predominância de pesquisa aplicada com 32 estudos (~91% do total), o que é esperado, visto se tratar de casos reais em cidades. Foram identificados três estudos exploratórios, um sobre indicadores ambientais (Kopp, Petit-Boix e Leipold, 2024); um estudo bibliométrico (Brglez *et al*. 2024) e uma análise da relação entre capitalismo e circularidade em Amsterdam (Thompson *et al*. 2024).

A duração do estudo revela se o pesquisador está fazendo uma investigação longitudinal ou estudo dentro de recorte de tempo específico. Entende-se ser desejável que estudos sobre cidades circulares façam recortes longitudinais, para acompanhar os resultados das possíveis intervenções. Considerando que a maior parte dos artigos era de estudos de caso, a análise mostrou que 33 artigos retratavam situações sem definição exata de tempo. Apenas 2 estudos revelaram um intervalo de tempo entre 0 e 5 anos. O primeiro é um estudo de caso sobre a aplicação de políticas municipais para impulsionar a EC e que ocorreu entre 2012 e 2016 em Amsterdam (Campbell-Johnston, 2019). O segundo tratava de indicadores de monitoramento e avaliação de cidades circulares, estudando estratégias de economia circular adotadas em cidades portuárias europeias, dentro do período de 2016 a 2019 (Gravagnuolo *et al*. 2019). Ainda é desafiante a parceria entre pesquisadores da academia e poder público, no desenvolvimento de ações conjuntas e prolongadas que permitam explorar as novidades da economia circular nas cidades.

Considerando que os temas Cidade Circular e Resíduo Sólido Urbano são recentes, decidiu-se fazer a análise de ocorrência de termos-chave nos artigos estudados. Foram registradas 178 palavras-chave mais frequentes. Essas palavras-chave foram agrupadas em 13 categorias que estão apresentadas na Tabela 4, ordenadas de forma decrescente de frequência.

Tabela 4 - Resumo dos temas das palavras-chave

| Categorias | Frequência | Palavras-chave (#) |
|---|---|---|
| Estratégias e Sustentabilidade | 40 | Serviços ecossistêmicos (1); Transição energética (1); Regeneração ambiental (3); Ecologia global (1); Simbiose industrial (1); Ações de loop (1); Banco de materiais (2); Reciclagem de plástico (1); Reciclagem (1); Energia renovável (1); Sustentabilidade (26); Mineração urbana (1). |
| Modelo econômico | 37 | Economia circular (34); Circularidade (1); capitalismo (1); Pequenas e médias empresas - PMEs (1) |
| Cidade circular | 25 | Cidades circulares (13); Cidade circular (11); cidade-região (1) |

| Categorias | Frequência | Palavras-chave (#) |
|---|---|---|
| Planejamento urbano | 26 | Patrimônio histórico (1); Gestão de recursos (2); Análise espacial (2); Construção sustentável (1); Aglomerados urbanos (1); Infraestrutura urbana (2); Investimento urbano (1); Conhecimento urbano (1); Planejamento urbano (6); Políticas urbanas (1); Regeneração urbana (5); Transição urbana (1); Urbanização (1); Zoneamento (1) |
| Resíduos | 13 | Resíduos urbanos (1); Desperdício (1); Gestão de resíduos (7); Reciclagem de resíduos (1); Reutilização de resíduos (1); Madeira (1); Plástico (1) |
| Política e infraestrutura | 14 | Barreiras e restrições (1); Infraestrutura circular (1); Patrimônio cultural (1); Políticas ambientais (1); Governança (2); Infraestrutura verde (2); Ações intersetoriais (1); Logística (1); Instrumentos políticos (1); Contratos públicos (1); Transporte sustentável (1); Catadores (1) |
| Tecnologias diversas | 10 | Reutilização adaptativa (1); Chatbots (1); Inteligência artificial (1); Hubs circulares (1); Digitalização (2); Inovação (2); Modelagem matemática (1); Cidades inteligentes (1) |
| Metabolismo urbano | 5 | Metabolismo urbano (5) |
| Indicadores | 4 | Indicadores circulares (1); Indicadores urbanos (3) |
| Produção de alimentos | 2 | Agricultura urbana (1); Comida urbana (1) |
| NBS | 2 | Soluções baseadas na natureza (2) |

Fonte: Elaborado pelo autor (2025)

Esses termos sugerem que o tema **cidade circular** esteja relacionado com muitas estratégias adotadas na sustentabilidade, mas também com políticas públicas e infraestrutura associada, e em alguns artigos, retornou estudos de metabolismo urbano e NBS, os quais são abordagens relacionadas. O termo **indicadores** ainda apareceu de forma tímida, talvez por haver uma predominância de estudos de caso. A busca inicial utilizando o termo **resíduo urbano não orgânico** retornou também palavras como gestão de resíduos (*waste management*), materiais (madeira); e estratégias (reciclagem e reutilização).

Os estudos foram também classificados e quantificados quanto ao tipo de resíduo, conforme apresentado na Tabela 5.

Tabela 5 - Tipos de resíduos analisados nos artigos

| Tipo de resíduo | Frequência |
|---|---|
| Urbano | 19 |
| Urbano e industrial | 5 |
| Construção civil | 10 |
| Indefinido | 1 |

Fonte: Elaborado pelo autor (2025)

A maior quantidade de estudos (~54%) está caracterizada como resíduo urbano de forma geral, podendo incluir materiais orgânicos, recicláveis, e oriundos de poda, de acordo com a PNRS. Os resíduos da construção civil aparecem em aproximadamente 29% dos artigos, sendo o resíduo mais abundante nas cidades,

segundo Campbell-Johnston (2019), Tsui *et al*. (2024), Williams (2019 e 2021). Alguns artigos apresentavam resíduos urbanos e industriais incluindo material têxtil, de agricultura, eletrônicos e outros. Embora tenha sido solicitada a exclusão de artigos sobre resíduos orgânicos, o algoritmo retornou um artigo, que foi mantido porque tratava de uma estratégia relacionada com a cidade circular, que é o *Natural Based Solutions* (NBS) (Canet-Marti *et al*. 2021).

Nesta pesquisa também se considerou o tipo de estratégia adotada em relação aos resíduos. Definiu-se como estratégia proativa situações nas quais o estudo enfatizava meios para evitar a geração do resíduo. Denominou-se estratégia reativa quando o estudo enfatizava como eliminar um resíduo previamente gerado. A análise revelou uma predominância de pesquisas que enfatizavam estratégias proativas, o que faz sentido, visto que os princípios de uma cidade circular, provenientes da economia circular, privilegiam práticas de produção e consumo que evitem a geração de resíduos (Tabela 6).

Tabela 6 – Resumo das pesquisas quanto ao tratamento dado no estudo

| **Tratamento dado no estudo** | **Frequência** | **Autores** |
|---|---|---|
| Proativo | 26 | Balletto *et al*. (2022); Brglez *et al*. (2024); Canet-Martí *et al*. (2021); Cerreta *et al*. (2020); Cohen e Gil (2021); D'Amico *et al*. (2021 e 2022); Domenech e Borrion (2022); Feiferytė-Skirienė e Stasiškienė (2021); Foster e Saleh (2021); Gravagnuolo *et al*. (2019); Gue *et al*. (2021); Katsou *et al*. (2020); Kopp, Petit-Boix e Leipold (2024); Lakatos *et al*.(2021); Langergraber *et al*. (2021); Maddalene *et al*. (2023); Moraes (2022); Paiho *et al*. (2020); Paoli e Pirlone (2024); Soto *et al*. (2024); Tsui *et al*. (2022 e 2024); Williams (2019 e 2021); Zota *et al*. (2024). |
| Reativo | 5 | Adelina e Archer (2024); Campbell-Johnston (2019); Marin, Alaerts e Van Acker (2020); Woodard (2020); Savini (2019) |
| Proativo e reativo | 4 | Herrador (2023); Paiho *et al*.(2021); Thompson *et al*. (2024); Williams (2019). |

Fonte: Elaborado pelo autor (2025)

Estudos classificados como estratégias proativas incluíram, por exemplo, o uso de políticas públicas como proposto por Brglez *et al*. (2024) e Domenech e Borrion (2022), ferramentas para o planejamento e implementação de ações, como um índice para medir o grau de implementação de políticas urbanas (Balletto *et al*. 2022), e o desenvolvimento de estratégias de gestão de recursos para agricultura urbana discutido por Canet-Martí *et al*. (2021).

Cinco estudos foram classificados como estratégias reativas. Adelina e Archer (2024) respondem criticamente à exclusão dos catadores nas políticas públicas, em

Bangkok, propondo um nova forma de enxergar a reciclagem urbana a partir das práticas cotidianas desses trabalhadores invisibilizados. Outro estudo, em Amsterdã, desconstrói o entusiasmo superficial com a economia circular urbana e propõe uma análise mais realista e crítica dos obstáculos enfrentados por cidades que tentam liderar essa transição (Campbell-Johnston, 2019). Marin, Alaerts e Van Acker (2020) propõem a reutilização da madeira na Bélgica, por meio da criação de um banco de materiais como catalizador de uma transição mais ecológica, justa e enraizada em Leuven na Bélgica. Mais um estudo apresenta uma lacuna estrutural nas políticas de circularidade urbana e propõe uma abordagem mais inclusiva, regulamentada e baseada em dados para integrar as pequenas e médias empresas na transição para cidades verdadeiramente circulares (Woodard, 2020). O último estudo analisado contesta a narrativa de que a economia circular é intrinsecamente sustentável e destaca como a circularidade urbana pode se tornar uma novo regime de acumulação de capital baseado na valorização do lixo (Savini, 2019).

Estudos classificados como estratégias mistas (proativas e reativas) incluíram uso de tecnologias inteligentes para análise de emissões de carbono e energia previamente ocorridas, com soluções de serviço para transporte, geração de energia e alimentos; por fim, a proposição de regulamentação para eles (Paiho *et al*. 2021). Herrador (2023) reflete uma estratégia no Japão que promove práticas sustentáveis de separação e reaproveitamento de resíduos além do incentivo à educação ambiental, fundamentadas em valores culturais, respondendo a pressões ambientais e energéticas crescentes. Para Thompson *et al*. (2024), a economia circular antecipa modelos pós-capitalistas baseados em fluxos regenerativos e reage às contradições ecológicas e sociais geradas pela urbanização planetária e pela lógica expansiva do capital.

Williams (2019) propõe ações de looping (reutilização, reciclagem e recuperação de recursos que constituem estratégias para enfrentar os impactos ambientais gerados pelo atual modelo urbano) no avanço da circularidade em cidades associado a soluções Nexus, as quais articulam de maneira interdependente setores como água, energia e alimentos e ampliam o potencial transformador dessas práticas ao promover respostas sistêmicas e coordenadas.

Na análise, a dimensão do gerador também foi considerada. De acordo com a Política Nacional de Resíduos Sólidos (PNRS), Lei nº 12.305/2010, a definição de pequeno e grande gerador de resíduos é de competência dos municípios brasileiros

e geralmente se baseia no volume gerado, medido em litros (L). Tratando-se de resíduo urbano, há uma predominância de materiais de origem orgânica (ABREMA, 2023).

Ao excluir da busca o termo ***organic***, a intenção era verificar se os estudos tratavam da análise de resíduos recicláveis provenientes do pequeno gerador (domicílios). De modo geral, os autores tratam dos resíduos provenientes tanto de domicílios, empresas de pequeno e grande portes, de forma não discriminada.

Além da construção civil, que é um grande gerador de resíduos nas cidades, esperava-se estudos que analisassem de forma desagregada os fluxos de materiais entre os atores das cidades, incluindo domicílios, varejistas, grandes supermercados, comércio em geral, indústrias instaladas no ambiente urbano, entre outros. Mesmo os estudos de nível meso incluíram atores como zonas industriais da cidade e parques industriais localizados em espaços urbanos, mas não consideraram grandes geradores como varejo, escolas, empresas, hospitais e outros.

Considerando que os domicílios juntos produzem um grande volume de resíduos orgânicos e de resíduos recicláveis nas cidades, talvez seja uma oportunidade para investigação mais aprofundada desta fonte geradora nas cidades. Até porque a qualidade deste material dependerá da educação e da consciência ambiental e do engajamento público, como mencionado por Cerreta *et al*. (2020), D'Amico *et al*. (2021 e 2022) e Katsou *et al*. (2020).

Em relação à classificação dos estudos em micro, meso ou macro (WBCSD, 2023), o recorte predominante foi nos estudos Macro que ocorreram em país ou entre países, como, por exemplo, Canet-Martí *et al*. (2021), D'Amico *et al*. (2021 e 2022), Katsou *et al*. (2020). A predominância destas escalas reflete a investigações em âmbito urbano, regional ou de políticas amplas, em vez de estudos restritos a um único produto ou organização. O segundo nível predominante foram estudos no nível Meso envolvendo zonas industriais da cidade e parques industriais, como, por exemplo, Balletto *et al*. (2022), que discute o planejamento urbano integrado, em um bairro de uma cidade, integrando usos urbanos. Campbell-Johnston (2019) destaca que a governança urbana deve ser exercida de forma coordenada entre os setores público e privado. Cerreta *et al*. (2020) propõem uma abordagem metodológica que possa regenerar espaços urbanos degradados com base em serviços ecossistêmicos, além de uma avaliação multicritério.

Um estudo foi tratado como Micro por Adelina e Archer (2024) pois foca no cotidiano de uma organização de catadores de resíduos em Bangkok, sua informalidade e suas práticas diárias.

Observou-se nos estudos as estratégias da economia circular, atendendo aos princípios Reduzir, Reutilizar e Reciclar, em que a maioria das publicações (~91%) tratava de forma conjunta. Do mesmo modo, houve uma predominância de estudos que enfatizavam o ciclo técnico da EC. Do mesmo modo, 83% das publicações tratavam das dimensões econômico-financeira, social e ambiental de forma concomitante na pesquisa.

Quanto ao objeto e objetivo de estudo dos pesquisadores, estes foram agrupados por temas para identificar quais aparecem com mais frequência e estão listados no Quadro 4.

Quadro 4 – Agrupamento do objeto e objetivo dos estudos dos pesquisadores agrupados por tema

Continua

| TEMA | OBJETO DA PESQUISA | OBJETIVO DA PESQUISA (SÍNTESE) | AUTOR (ES) |
|---|---|---|---|
| **1. Gestão de Resíduos e Fluxos de Materiais** | Catadores de resíduos em Bangkok | Analisar o papel dos catadores na economia de reciclagem urbana, sob a ótica da ecologia política. | Adelina e Archer (2024) |
| | Reuso de resíduos nos Países Baixos | Mapear a distribuição espacial de atividades de reuso de diferentes materiais. | Tsui *et al*. (2022) |
| | Resíduos plásticos urbanos | Avaliar fluxos de resíduos plásticos em cidades do *Urban Ocean* com o CAP. | Maddalene *et al*. (2023) |
| | Índice de gestão de resíduos sólidos urbanos USWM-index | Desenvolver um índice para avaliar a gestão de resíduos sólidos urbanos no Brasil. | Moraes (2022) |
| | Abordagem circular para gestão de recursos urbanos (materiais, energia, água, solo) e conceituação aprimorada. | Revisar criticamente a concepção atual de economia circular. | Williams (2019) |
| **2.Planejamento Urbano e Regeneração de Espaços** | Circularidade socioespacial em Glasgow | Aplicar um framework para mapear iniciativas circulares considerando aspectos socioespaciais. | Soto *et al*. (2024) |
| | Desenvolvimento circular urbano | Definir o conceito de desenvolvimento circular e identificar seus benefícios e desafios. | Williams (2021) |
| | Economia circular em West London | Aplicar métricas para avaliar a circularidade em projetos de regeneração urbana. | Domenech e Borrion (2022) |
| | *Wastescapes* (áreas com resíduos) | Propor um planejamento paisagístico regenerativo para territórios urbanos degradados. | Cerreta *et al*. (2020) |
| | Implementação da economia circular em nível urbano | Investigar como a economia circular é aplicada e impulsionada em cidades e identificar barreiras e restrições . | Campbell-Johnston (2019) |
| | Reutilização adaptativa de patrimônios arquitetônicos (edifícios históricos) no contexto de cidades circulares. | Desenvolver um indicador composto para avaliar oportunidades de investimento em projetos de reutilização adaptativa de edifícios históricos. | Foster e Saleh (2021) |
| | Iniciativas de economia circular em cidades portuárias históricas | Levantar e analisar iniciativas de economia circular em oito cidades portuárias históricas europeias autodenominadas cidades circulares, identificando as áreas-chave de implementação. | Gravagnuolo *et al*. (2019) |

| TEMA | OBJETO DA PESQUISA | OBJETIVO DA PESQUISA (SÍNTESE) | AUTOR (ES) |
|---|---|---|---|
| | Desafios para implementar ações de circularidade (reuso, reciclagem, recuperação) | Identificar os desafios que dificultam a implementação de ações de circularidade nas cidades, incluindo tanto ações de looping de recursos (reutilização de materiais, reciclagem de resíduos, recuperação de energia/água) em setores específicos, quanto soluções integradas que abordam vários recursos de forma conjunta. | Williams (2019) |
| **3. Digitalização, Inovação Social e Tecnologias para Circularidade** | *Chatbots* e reciclagem | Analisar *chatbots* (programas de computador projetados para simular conversas humanas) voltados à reciclagem, propondo melhorias para cidades inteligentes. | Zota *et al*. (2024) |
| | Digitalização do metabolismo urbano | Identificar iniciativas digitais que otimizam a circularidade urbana. | D'Amico *et al*. (2022) |
| | Digitalização em cidades circulares | Avaliar como tecnologias digitais melhoram a eficiência de fluxos urbanos. | D'Amico *et al*. (2021) |
| | Estratégias de circularidade em um distrito urbano (transporte, energia, alimentação) e suas interligações | Explorar como um bairro urbano em planejamento pode implementar ações circulares integradas em transporte, energia e alimentação, fornecendo exemplos concretos baseados em um distrito real. | Paiho *et al*. (2021) |
| **4. Governança, Políticas Públicas e Indicadores** | Índice de Cidade Circular | Desenvolver um índice composto para medir políticas urbanas de transição ecológica. | Balletto *et al*. (2022) |
| | Políticas de economia circular e indicadores | Analisar a efetividade ambiental das políticas de economia circular em 30 cidades. | Kopp, Petit-Boix e Leipold (2024) |
| | Segregação de resíduos por pequenas e médias empresas (SMEs) | Avaliar impactos de políticas de separação obrigatória de resíduos por pequenas e médias empresas. | Woodard (2020) |
| **5.Nature-Based *Solutions* (NBS) e Recursos Naturais** | Agricultura urbana e NBS | Propor soluções baseadas na natureza para reforçar a circularidade agrícola urbana. | Canet-Martí *et al*. (2021) |
| | NBS e cidades circulares | Avaliar iniciativas de NBS aplicadas a cidades circulares e suas barreiras. | Katsou *et al*. (2020) |
| | NBS e desafios urbanos | Avaliar como as NBS abordam desafios de circularidade urbana em diferentes setores. | Langergraber *et al*. (2021) |
| **6.Metodologias, Frameworks e Modelos Conceituais** | Ações intersetoriais de circularidade | Desenvolver um framework para ações circulares integradas nos setores urbanos. | Paoli e Pirlone (2024) |
| | Características das cidades circulares | Identificar características-chave e propor um framework para a transição circular urbana. | Lakatos *et al*. (2021) |

| TEMA | OBJETO DA PESQUISA | OBJETIVO DA PESQUISA (SÍNTESE) | AUTOR (ES) |
|---|---|---|---|
| | Conceito de cidade circular | Definir o conceito e as etapas para planejamento e transição de cidades circulares. | Paiho *et al*. (2020) |
| | Framework de Sistema Urbano Circular | Apresentar um modelo integrando CE, metabolismo urbano e simbiose industrial. | Feiferytė-Skirienė e Stasiškienė (2021) |
| | Gestão de resíduos e modelo de dados | Criar um modelo de dados padronizado para integrar informações sobre resíduos urbanos. | Cohen e Gil (2021) |
| | Hubs de construção circular | Classificar e definir parâmetros espaciais para localização de hubs de construção circular. | Tsui *et al*. (2024) |
| | Modelo *rough* set para resíduos | Aplicar análise rough set (técnica que permite analisar dados com incertezas) para identificar fatores que influenciam a gestão de resíduos nas cidades. | Gue *et al*. (2021) |
| | Conexão entre os conceitos de cidade circular e economia circular na literatura | Avaliar a inter-relação dinâmica entre cidade circular e economia circular. | Brglez *et al*. (2024) |
| | Implementação do conceito de cidade circular no contexto japonês | Avaliar o conceito de cidade circular em termos gerais e aplicá-lo à realidade do Japão, propondo uma definição adaptada de cidade circular para o país. | Herrador (2023) |
| **7.Economia Circular e Capitalismo / Aspectos Econômicos Macros sistêmicos** | Eco-acumulação em Amsterdã | Analisar a economia circular como regime de valorização de resíduos em Amsterdã. | Savini (2019) |
| | Economia circular e capitalismo | Analisar limites e potencial da economia circular dentro e além do capitalismo. | Thompson *et al*. (2024) |
| **8.Indústria da Construção e Bancos de Materiais** | Fluxos de madeira e banco de materiais | Analisar a história dos fluxos de madeira e propor um banco de materiais para circularidade. | Marin, Alaerts e Van Acker (2020) |

Fonte: Elaborado pelo autor (2025)

A partir do agrupamento dos estudos em oito categorias temáticas dos achados, foi possível identificar os focos predominantes, tendências e lacunas nas pesquisas sobre cidades circulares, gestão de resíduos urbanos e economia circular. Considerando a primeira questão de pesquisa **De que modo os resíduos sólidos urbanos estão sendo tratados nas pesquisas sobre cidades circulares em diferentes localidades do mundo?** observaram-se algumas tendências.

Tratando da gestão de resíduos e fluxos de materiais, os estudos indicam que a transformação das cidades em ambientes circulares depende da integração entre a gestão eficiente dos resíduos sólidos urbanos e o mapeamento estratégico dos fluxos de materiais, articulando políticas públicas, tecnologias e a participação social para fechar ciclos e evitar perdas sistêmicas.

No campo do planejamento urbano, há uma tendência ao uso de metodologias participativas e à aplicação da avaliação multicritério. Essas abordagens valorizam a estrutura física e os espaços urbanos, utilizando indicadores e métricas que orientam a tomada de decisão. Paralelamente, novas tecnologias digitais surgem como ferramentas promissoras, tanto para o monitoramento de fluxos de materiais quanto para o engajamento dos cidadãos, possibilitando maior transparência e interação com as políticas públicas.

Em relação a governança, observa-se uma preocupação crescente em alinhar instrumentos de gestão e ferramentas de avaliação de desempenho às estratégias governamentais, evidenciando a necessidade de sinergia entre tecnologia, gestão pública e objetivo de longo prazo. As NBS são tratadas de forma transversal, aplicando-se tanto à agricultura urbana quanto àquela fora dos limites da cidade, integrando aspectos de justiça social e reforçando a equidade nos territórios.

A adoção de metodologias e modelos conceituais mostra uma expansão na produção acadêmica voltada à implementação de políticas circulares, com destaque para instrumentos que orientam a transformação dos sistemas urbanos. Por fim, a relação entre economia circular e o capitalismo é abordado sob uma perspectiva crítica e reflexiva, questionando a viabilidade da economia circular dentro dos moldes atuais e abrindo espaço de debates sobre alternativas pós-capitalistas.

No cenário internacional, os RSU são considerados elementos centrais na construção de cidades circulares, com ênfase na integração tecnológica, territorial e institucional dos fluxos de materiais. Essa abordagem reforça a importância de infraestruturas adaptativas, políticas públicas coerentes e o engajamento comunitário.

Resumidamente, há uma forte tendência de integrar tecnologias, metodologias participativas e as NBS, ao mesmo tempo em que cresce o debate crítico sobre os limites estruturais do modelo capitalista.

Ao longo da análise, observou-se que o conceito de Cidade Circular tem relevância global, mas as pesquisas concentram-se majoritariamente na Europa, revelando uma lacuna importante em relação aos países latino-americanos. Verificou-se, também, a ausência de abordagens específicas sobre resíduos domiciliares de consumo cotidiano, evidenciando um viés generalista e sistêmico na literatura atual. Essa constatação reforça a necessidade de produção de conhecimento que dialogue com os contextos locais e que proponha definições adequadas à realidade brasileira.

Embora haja avanços teóricos e empíricos, as pesquisas ainda apresentam lacunas quanto à gestão dos resíduos sólidos urbanos. Um ponto pouco explorado é o papel dos consumidores finais, cujos hábitos influenciam diretamente o sucesso de estratégias circulares. Além disso, observa-se uma baixa integração entre tecnologias emergentes e mecanismos de governança, dificultando a operacionalização de sistemas inteligentes. Outra lacuna refere-se à limitada atenção dedicada aos fluxos residências e provenientes da construção civil, tendo estes alto poder de circularidade.

Nesse contexto, evidencia-se que o desafio mais complexo para a consolidação da cidade circular transcende as barreiras tecnológicas. Trata-se da superação da dicotomia entre os modelos teóricos de planejamento e a realidade difusa da gestão de resíduos domiciliares. A análise sugere que, enquanto o foco permanecer em soluções industriais ou de infraestrutura (fim de tubo), a circularidade urbana será incompleta. O maior obstáculo reside na invisibilidade dos fluxos cotidianos e na dificuldade de integrar efetivamente a mudança comportamental do pequeno gerador às políticas de governança.

Algumas pesquisas futuras que surgem incluem o desenvolvimento de estratégias que incentivem a participação ativa dos consumidores na EC por meio da educação comunitária e da inclusão social. Também são necessários o aprimoramento da integração entre tecnologias digitais e governança urbana, a criação de indicadores mais inclusivos para regeneração de espaços urbanos e a expansão do uso das NBS em contextos diversos. Há espaço, ainda, para estudos críticos sobre modelos econômicos alternativos e investigações mais abrangentes sobre a construção civil.

Com base nas contribuições da literatura e na análise crítica realizada, propõe-se um conceito de cidade circular que valoriza dimensões de concepções e de abrangências: "*uma cidade circular pode se constituir em uma unidade cultural, urbanística, geográfica e administrativa delimitada, que pratica os princípios da Economia Circular para fechar os ciclos de aproveitamento de recursos entre os elos de suas cadeias de valor, como energia, transporte, água, alimentos, materiais e resíduos, a exemplo dos sistemas da natureza, desencadeando ações de transformação em ambientes urbanos ou rurais, de forma a proporcionar boa qualidade de vida aos cidadãos, além de alcançar conservação, regeneração, restauração dos ecossistemas e resiliência diante de desafios novos e emergentes*".

Em relação à segunda questão de pesquisa sobre **que oportunidades emergem destes estudos em termos de estratégias tecnológicas e políticas para o manejo de RSU em cidades circulares?** os artigos reforçam a validade do estudo. A transição para cidades circulares demanda uma profunda reestruturação dos sistemas de manejo de RSU, integrando dimensões tecnológicas, ambientais, sociais e políticas.

Neste contexto, a digitalização de processos representa um vetor estratégico essencial. O monitoramento em tempo real da geração e coleta de resíduos, por meio de sensores e sistemas baseados em inteligência artificial, facilita a coleta de dados e informações em tempo real. A comunicação via tecnologias inteligentes, sejam humanas ou simuladas por computador, destacam-se como uma tendência importante.

Quanto à modelagem matemática, ela se revela como uma aplicação para a logística urbana. Ela viabiliza a otimização de rotas e alocação de recursos, contribuindo para a redução tanto das emissões de gases de efeito estufa quanto de custos operacionais. Simultaneamente, o conceito de infraestrutura circular emerge como elemento central na criação de centros especializados para triagem e reutilização, articulando ações intersetoriais para a inclusão socioprofissional, como a de catadores.

Do ponto de vista político, destaca-se a importância da governança participativa e da adoção de instrumentos regulatórios inovadores. Incentivos fiscais, contratos públicos com cooperativas e políticas tarifárias diferenciadas são mecanismos que contribuem para uma cultura política orientada pela sustentabilidade. Políticas públicas, sociais, tarifárias, ambientais, econômicas, intersetoriais e aquelas

relacionadas especificamente sobre economia circular foram destacadas nos artigos de forma individualizada ou conjunta.

A integração entre infraestrutura verde, transporte sustentável e patrimônio cultural potencializa os impactos positivos da gestão circular dos RSU. Por fim, a implementação de cidades inteligentes oferece uma plataforma para a convergência dessas estratégias, viabilizando uma gestão integrada, resiliente e orientada por dados, capaz de atender aos desafios contemporâneos da urbanização sustentável.

A análise estruturada com base nos oito temas evidencia implicações práticas que se entrelaçam com a aplicação teórica dos conceitos investigados e estão ligados a:

(i) Melhoria na Gestão de Resíduos Urbanos – a criação de índices e ferramentas de avaliação contribuem com gestores públicos no diagnóstico de pontos críticos da gestão dos resíduos, na definição de metas de desempenho e no monitoramento da circularidade urbana, resultando no auxílio da tomada de decisão para a melhoria da coleta, triagem e disposição final de resíduos urbanos.

(ii) Planejamento Urbano para Regeneração de Áreas Degradadas – a avaliação multicritério, o planejamento de cenários e a inclusão de aspectos sociais, culturais e ambientais na regeneração urbana são ferramentas de apoio para a requalificação de espaços urbanos abandonados mais sustentáveis, inclusivos e socialmente aceitos.

(iii) Uso de Tecnologias Digitais para Circularidade – uso e aplicação de sensores de monitoramento, plataformas digitais, canais de comunicação digital (chatbots - programas de computador que simulam conversas humanas) melhoram o monitoramento dos fluxos urbanos, ampliam a participação cidadã e dão suporte a políticas públicas com dados em tempo real, otimizando a gestão e dando um maior engajamento dos cidadãos na reciclagem e outras práticas circulares.

(iv) Formulação e Monitoramento de Políticas Públicas – a modelagem de indicadores ambientais e sociais avalia a efetividade de políticas de economia circular, define estratégias baseadas em evidência e criam regulações específicas, como, por exemplo, a segregação de resíduos em pequenas empresas, fortalecendo a governança urbana com base em métricas claras de desempenho e impacto.

(v) Integração de Soluções Baseadas na Natureza (NBS) – a implementação das NBS na resolução de múltiplos desafios urbanos contribui, por exemplo, com a redução da poluição sonora nas cidades, auxilia na melhoria da gestão hídrica e se complementa com a agricultura urbana. Os impactos diretos podem ser a redução de custos públicos com infraestrutura cinza (ruas, calçadas, redes de esgoto, sistemas de drenagem, estações de tratamento de água, barragens, adutoras feitos de concreto, aço e asfalto) que se contrapõem com a infraestrutura verde que utiliza as NBS.

(vi) Incentivo à Educação e ao Engajamento Comunitário – ferramentas replicáveis adotadas em escolas trazem mudanças de comportamento nas pessoas e na comunidade, formam cidadãos mais conscientes e permitem a implantação de projetos educativos relacionados com a EC. O resultado direto é a criação de uma cultura de sustentabilidades nas novas gerações e nas comunidades locais.

(vii) Desenvolvimento de Frameworks Metodológicos – o apoio técnico para formuladores de políticas e gestores urbanos com o uso de framework de ações intersetoriais, modelos de análise espacial de fluxos de materiais e ferramentas para localização estratégica de hubs de circularidade trazem impacto direto no planejamento urbano e regional, promovendo maior integração entre setores.

(viii) Valorização de Resíduos Orgânicos e Bioeconomia – exemplos de valorização podem ser dados como a implementação de tecnologias de bioeconomia urbana, transformando resíduos orgânicos em produtos de valor (biofertilizantes) ou como políticas que superem as barreiras de implementação em cidades. Isso reduz os volumes de resíduos orgânicos enviados a aterros, estimulando a criação de cadeias produtivas locais além de abordar a importância de aprofundamento na relação entre cidade circular e agricultura urbana/periurbana que tangencia a área rural da cidade.

(ix) Integração Setorial e Espacial – o planejamento de hubs circulares, em especial na construção civil, e a integração de diferentes setores urbanos ligados à água, energia, resíduos, alimentação e outros contribuem para uma eficiência logística, reduzem as emissões de gases e otimizam fluxos de materiais nas cidades.

A relação universidade e poder público deve ser tratada como uma parceria de longo prazo em processos de monitoramento de políticas públicas, projetos de planejamento urbano participativo de modo a envolver a academia, gestores públicos e comunidades locais. A implementação de programas de educação ambiental com base em metodologias testadas na universidade é outra forma de parceria.

Especificamente sobre a relação entre resíduos urbanos e pequenos geradores, não era o foco central da maioria dos artigos. Os pequenos geradores apareceram como elo crítico com temas como educação ambiental, tecnologias digitais, formulação de políticas públicas, inovações em coleta e logística urbana e a integração com agricultura urbana e as NBS, e são oportunidades de investigação. Da mesma forma, a análise de grandes geradores, como construção civil, varejistas, grandes supermercados, comércio em geral, indústrias instaladas no ambiente urbano, escolas, universidades, hospitais, entre outros, emerge como oportunidade de estudo. A análise desagregada dos fluxos de materiais entre os grandes geradores e atores das cidades, incluindo domicílios, tem interface com a gestão de resíduos sólidos urbanos e deve ser aprofundada no contexto das cidades circulares.

## 2.5 Considerações finais

O presente estudo atingiu plenamente o objetivo ao identificar estratégias tecnológicas e políticas de manejo de RSU no contexto de cidades circulares. Ele revisitou a literatura sobre cidades circulares com o intuito de investigar as abordagens e estratégias de gerenciamento de Resíduos Sólidos Urbanos (RSU) em escala global. Buscou-se compreender oportunidades emergentes tanto em estratégias tecnológicas quanto em políticas para o manejo desses resíduos, contribuindo para o avanço do conceito de circularidade no contexto urbano.

Conclui-se, primeiramente, que uma das principais contribuições práticas foi a identificação de estratégias tecnológicas, como as NBS, e de políticas públicas eficazes para a gestão dos RSU. Nesse sentido, propõe-se uma categorização analítica dos estudos existentes e uma definição conceitual fundamentada de cidade circular, elementos que se mostram bases para futuras investigações acadêmicas e para a formulação de políticas públicas.

A análise permitiu a conclusão de que espaços urbanos degradados, como praças e edificações abandonadas, possuem um elevado potencial de requalificação por meio de intervenções circulares. Nesse processo, conclui-se ser fundamental a

atuação proativa das prefeituras, não apenas como formuladoras de políticas públicas, mas também como reguladoras da gestão de resíduos sendo este um cenário fortalecido pela Estratégia Nacional de Economia Circular (ENEC) que estabelece diretrizes e instrumentos para consolidar práticas circulares no país.

Em termos de contribuição científica, este trabalho se manifesta em três dimensões principais: **teórica**, ao propor um conceito expandido e contextualizado de cidade circular alinhado à realidade brasileira; **metodológica**, ao destacar a importância de análises multiescalares e da investigação de microespaços urbanos como unidades de transformação; e **prática**, ao sugerir estratégias concretas para o desenvolvimento de políticas públicas locais inspiradas na EC. No que tange à governança, conclui-se que a promoção da EC demanda uma abordagem descentralizada e integrada. O envolvimento das administrações locais, a educação ambiental e a conscientização cidadã são pilares indispensáveis.

Dessa forma, a efetivação da cidade circular no Brasil exige superar tensões multidimensionais. Culturalmente, persiste o distanciamento entre o pequeno gerador e as estratégias de gestão, invisibilizando fluxos domiciliares essenciais. Nas políticas públicas, apesar de marcos regulatórios como a PNRS e a ENEC, a fiscalização fragmentada perpetua o descumprimento das normas. Essa fragilidade governamental rompe os elos da cadeia produtiva criando uma lacuna entre inovação tecnológica e realidade operacional que exige novas entidades integradoras. Economicamente, o financiamento colide com o risco de mera acumulação de capital sem soluções estruturais. Na dimensão social, a inclusão socioprofissional e a justiça ambiental deixem a periferia para se tornarem os eixos centrais de sustentação do sistema.

Entretanto, é fundamental reconhecer as limitações da pesquisa. Conclui-se que os estudos revisados não foram totalmente específicos quanto a gestão de bens semiduráveis (roupas, calçados) e não duráveis (embalagens, alimentos) que compõem os RSU. A literatura tendeu a abordar de forma genérica a construção civil e a indústria. Essa lacuna, somada à escassez de dados empíricos no Brasil e à falta de padronização na definição de **grandes** e **pequenos** geradores, restringe a generalização dos achados.

Diante dessas lacunas, recomenda-se para trabalhos futuros uma investigação direcionada à interseção entre a nova legislação e o varejo. Sugere-se analisar especificamente como os supermercados, como grandes geradores e distribuidores

de bens semiduráveis e não duráveis, podem operacionalizar as diretrizes da ENEC. Estudos que avaliem a adesão desse segmento aos instrumentos de circularidade propostos no decreto e que serão fundamentais para compreender os desafios práticos da transição para o desperdício zero e para a criação de novos modelos de logística reversa em escala municipal.

Em síntese, a cidade circular emerge não como uma mera utopia urbana, mas também como uma estratégia tangível e viável para enfrentar os desafios do século XXI. O sucesso dependerá da capacidade de articular diferentes atores sociais, adaptar conceitos globais à realidade local e priorizar soluções verdadeiramente inclusivas, regenerativas e resilientes.

## REFERÊNCIAS

ABNT – Associação Brasileira de Normas Técnicas – NBR 10004:2004. **Resíduos sólidos-classificação**-Rio de Janeiro.

ABRELPE, 2022, **Panorama dos resíduos sólidos no Brasil**, Associação Brasileira das Empresas de Limpeza Pública e Resíduos Especiais. Disponível em: https://abrelpe.org.br/download-panorama-2022. Acesso em: 11 de dezembro de 2022.

ADELINA, Charrlotte; ARCHER, Diane. **A situated urban political ecology of plastics recycling in Bangkok**. **Cities**, v. 145, p. 104671, 2024.

ANTUNES, João Cesar Cadima; EUGÉNIO, Teresa; BRANCO, Manuel Castelo. **Circular Economy for Cities and Sustainable Development**: The Case of the Portuguese City of Leiria. Sustainability, v. 14, n. 3, p. 1726, 2022.

BALLETTO, Ginevra *et al*. **More circular city in the energy and ecological transition**: a methodological approach to sustainable urban regeneration. Sustainability, v. 14, n. 22, p. 14995, 2022.

BANAITÉ, D. Towards **Circular Economy : Analysis of Indicators in the**. Social Transformations in Contemporary Society, v. 4, n. 4, p. 142–150, 2016.

BARDIN, L. **Análise de Conteúdo**. Lisboa: Edições 70, 1977.

BASSI, Andrea Marcello *et al*. **Improving the understanding of circular economy potential at territorial level using systems thinking**. Sustainable Production and Consumption, v. 27, p. 128-140, 2021.

BERNSTAD, Anna. **Household food waste separation behavior and the importance of convenience**. Waste management, v. 34, n. 7, p. 1317-1323, 2014.

BRASIL. Decreto nº 12.082, de 27 de junho de 2024. (2024). **Institui a Estratégia Nacional de Economia Circular**. Disponível em: https://www2.camara.leg.br/legin/fed/decret/2024/decreto-12082-27-junho-2024-795869-publicacaooriginal-172239-pe.html. Acesso em: 10 de junho de 2025.

BRASIL. Decreto nº 10.936/2022, 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**. Disponível em: https://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2019-2022/2022/decreto/d10936.htm. Acesso em: 10 de junho de 2025

BRASIL. Lei nº 12.305 de 2 de agosto de 2010. **Institui a Política Nacional de Resíduos Sólidos**. Brasília, 2010. Disponível em http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2007-2010/2010/lei/l12305.htm . Acesso em: 12 de junho de 2023.

BRGLEZ, Kristijan; PERC, Matjaž; LUKMAN, Rebeka Kovačič. The complexity and interconnectedness of circular cities and the circular economy for sustainability. **Sustainable Development**, v. 32, n. 3, p. 2049-2065, 2024.Disponível

em: https://onlinelibrary.wiley.com/doi/epdf/10.1002/sd.2766. Acesso em 10 de janeiro de 2025.

CAMPBELL-JOHNSTON, K. *et al*. **City level circular transitions**: Barriers and limits in Amsterdam, Utrecht and The Hague. Journal of Cleaner Production, v. 235, p. 1232–1239, out. 2019. Disponível em: https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0959652619320645. Acesso em: 05 de maio de 2024.

CANET-MARTÍ, Alba *et al*. **Nature - based solutions for agriculture in circular cities:** Challenges, gaps, and opportunities. Water, v. 13, n. 18, p. 2565, 2021.

CARRIERE, Sann *et al*. **Circular cities: the case of Singapore**. Built Environment Project and Asset Management, 2020.

CAVALEIRO DE FERREIRA, Antônio; FUSO-NERINI, Francesco. **A framework for implementing and tracking circular economy in cities: The case of Porto**. Sustainability, v. 11, n. 6, p. 1813, 2019.

CEPAL – Comissão Econômica para a América Latina e o Caribe**. *Economía circular en América Latina y el Caribe****: oportunidades para la gestión sostenible de los recursos.* Santiago: CEPAL, 2021. Disponível em: https://www.cepal.org. Acesso em: 6 maio 2025.

CERRETA, Maria *et al*. **Operationalizing the circular city model for naples' city-port**: A hybrid development strategy. Sustainability, v. 12, n. 7, p. 2927, 2020.

CHEIRCHANTERI, Georgia. **Te new model of circular economy for sustainable constructions**. ecosystems, v. 8, p. 9., 2020.

COHEN, J; Gil, Jorge. **An entity-relationship model of the flow of waste and resources in city-regions**: Improving knowledge management for the circular economy, Resources, Conservation & Recycling Advances, Volume 12, 2021.

COLOMBIJN, F.; EGBOKO, P. **Repair cafés in the Netherlands**: Capitalist abstinence as a challenge to a linear capitalist economy. Vibrant: Virtual Brazilian Anthropology, v. 20, p. e 20911-2023. Disponível em: https://www.scielo.br/j/vb/a/96SnN5fW3FWdCMPPDG8kh8h/. Acesso em: 01 de março de 2024.

D'AMICO, Gaspare *et al*. **Digital technologies for urban metabolism efficiency:** Lessons from urban agenda partnership on circular economy. Sustainability, v. 13, n. 11, p. 6043, 2021.

D'AMICO, Gaspare *et al*. **Digitalisation driven urban metabolism circularity**: A review and analysis of circular city initiatives. Land Use Policy, v. 112, p. 105819, 2022.

DIAS, S. M**. Waste pickers and cities**. *Environment & Urbanization*, v. 28, n. 2, p. 375–390, 2016. Disponível em: https://doi.org/10.1177/0956247816657302. Acesso em: 6 maio 2025.

DOMENECH, Teresa; BORRION, Aiduan. **Embedding Circular Economy Principles into Urban Regeneration and Waste Management:** Framework and Metrics. Sustainability, v. 14, n. 3, p. 1293, 2022.

EDGERTON, B., 2018. **Circular Metrics - Landscape Analysis** MAY 2018, World Business Council for Sustainable Development. Switzerland. Retrieved from https://policycommons.net/artifacts/3127926/circular-metrics/3921122/ on 28 May 2023. CID: 20.500.12592/198jp4.

ELLEN MACARTHUR FOUNDATION & McKinsey Center for Business and Environment. **Growth within**: A circular economy vision for a competitive Europe, p. 24. 2015. Disponível em: https://circulareconomy.europa.eu/platform/sites/default/files/growth_within_a_circular_economy_vision_for_a_competitive_europe.pdf. Acesso em 10 de dezembro de 2023.

ELLEN MACARTHUR FOUNDATION. (2013). **Towards the Circular Economy**: Economic and Business Rationale for an Accelerated Transition. Disponível em: https://ellenmacarthurfoundation.org/towards-the-circular-economy-vol-1-an-economic-and-business-rationale-for-an

ELLEN MACARTHUR FOUNDATION. **Cities in the circular economy**: An initial exploration. p. 7. 2017. Disponível em: https://www.ellenmacarthurfoundation.org/cities-in-the-circular-economy-an-initial-exploration Acesso em 19 de dezembro de 2020.

ELLEN MACARTHUR FOUNDATION. **Uma economia circular no Brasil**: Uma abordagem exploratória inicial. Produto da inteligência coletiva dos membros da rede CE100 Brasil. p. 31. 2017. Disponível em: https://archive.ellenmacarthurfoundation.org/assets/downloads/languages/Uma-Economia-Circular-no-Brasil_Uma-Exploracao-Inicial.pdf. Acesso em 01 de dezembro de 2023.

FEIFERYTĖ-SKIRIENĖ, Akvilė; STASIŠKIENĖ, Žaneta. **Seeking circularity**: Circular urban metabolism in the context of industrial symbiosis. Sustainability, v. 13, n. 16, p. 9094, 2021.

FOSTER, Gillian; SALEH, Ruba. **The circular city and adaptive reuse of cultural heritage index:** Measuring the investment opportunity in Europe. Resources, Conservation and Recycling, v. 175, p. 105880, 2021.

FRANCO, M. L. P. B. **Análise de Conteúdo** [Livro Eletrônico]. Campinas, SP: Editora Autores Associados, 2021. ISBN: 978-65-88717-09-7.

GAMA A, Russo M. **Challenges in municipal solid waste management**- A comparative case study between selected metropolitan areas Brazil and Portugal. MOJ Eco Environ Sci. 2024; 9(3):96–102. DOI: 10.15406/mojes.2024.09.00311

GERHARDT, T.E.; SILVEIRA, D. T. **Métodos de pesquisa** / [organizado por]. Coordenado pela Universidade Aberta do Brasil – UAB/UFRGS e pelo Curso de Graduação Tecnológica – Planejamento e Gestão para o Desenvolvimento Rural da SEAD/UFRGS. – Porto Alegre: Editora da UFRGS, 2009.

GRAVAGNUOLO, Antonia; ANGRISANO, Mariarosaria; FUSCO GIRARD, Luigi. **Circular economy strategies in eight historic port cities:** Criteria and indicators towards a circular city assessment framework. Sustainability, v. 11, n. 13, p. 3512, 2019.Disponível em: https://www.mdpi.com/2071-1050/11/13/3512. Acesso em:01 de março de 2024.

GUE, Ivan Henderson V. *et al*. **Rough Set-based Model of Waste Management Systems towards Circular City Economies**. Chemical Engineering Transactions, v. 89, p. 133-138, 2021.

HERRADOR, Manuel *et al*. **The rising phenomenon of circular cities in Japan**. Case studies of Kamikatsu, Osaki and Kitakyushu. Science of The Total Environment, v. 894, p. 165052, 2023.

HESHMATI, Almas; RASHIDGHALAM, Masoomeh. **Assessment of the urban circular economy in Sweden**. Journal of Cleaner Production, v. 310, p. 127475, 2021.

HJALTADÓTTIR, Rannveig Edda; HILD, Paula. **Circular Economy in the building industry European policy and local practices**. European Planning Studies, v. 29, n. 12, p. 2226-2251, 2021.

IZDEBSKA, Olga; KNIELING, Jörg. **Citizen involvement in waste management and circular economy in cities:** Key elements for planning and implementation. European spatial research and policy, v. 27, n. 2, p. 115-129, 2020.

JAEGER , J. P. M *et al*. **Modelando o Sistema de Resíduos de Porto Alegre**: UMA ABORDAGEM DE DINÂMICA DE SISTEMAS. In: ENEGEP 2024. [s.d.].Disponível em: http://dx.doi.org/10.14488/ENEGEP2024_TN_ST_419_2060_47926. Acesso em : 23 de maio de 2025.

KATSOU, Evina *et al*. **Transformation tools enabling the implementation of nature-based solutions for creating a resourceful circular city**. Blue-Green Systems, v. 2, n. 1, p. 188-213, 2020.

KOPP, Mira; PETIT-BOIX, Anna; LEIPOLD, Sina. **Municipal circular economy indicators**: Do they measure the cities' environmental ambitions?. Sustainable Production and Consumption, v. 50, p. 431-444, 2024. Disponível em: https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S2352550924002367. Acesso em: 10 de abril de 2025.

LAKATOS, Elena Simina *et al*. **Conceptualizing core aspects on circular economy in cities**. Sustainability, v. 13, n. 14, p. 7549, 2021.

LANGERGRABER, Guenter *et al*. **Towards a cross-sectoral view of nature-based solutions for enabling circular cities**. Water, v. 13, n. 17, p. 2352, 2021.

LINDER, M.; SARASINI, S.; VAN LOON, P. A **Metric for Quantifying Product-Level Circularity**. Journal of Industrial Ecology, v. 21, n. 3, p. 545–558, 2017.

MADDALENE, Taylor *et al*. **Circularity in cities**: A comparative tool to inform prevention of plastic pollution. Resources, Conservation and Recycling, v. 198, p. 107156, 2023.

MAGLIO, Monica. **Visions of cities beyond the Green Deal:** From imagination to reality. Journal of Urban Regeneration & Renewal, v. 15, n. 2, p. 176-192, 2022.

MARIN, J.; Alaerts, L.; Van Acker, K. A. **Materials Bank for Circular Leuven**: How to Monitor 'Messy' Circular City Transition Projects. *Sustainability* 2020, *12*

MIYASHIRO, M. K. *et al*. **Empreendedorismo na economia circular**: uma revisão sistemática em ciclos de materiais e modelos de negócios. **Cadernos EBAPE.BR**, v. 21, p. e2021, 17 nov. 2023.

MORAES, F. T. F. *et al*. **Transitioning towards a sustainable circular city**: How to evaluate and improve urban solid waste management in Brazil. 2022.

MYERS, M. D. **Qualitative research in business & management**. Thousand Oaks, CA: Sage Publications Ltd., 2009. Disponível em: https://doi.org/10.4135/9781036208417. Acesso em: 20 de abril de 2024

NIKA, C. E. *et al*. **Water cycle and circular economy:** developing a circularity assessment framework for complex water systems. Water Research, v. 187, p. 116423, 2020.

NOBRE, Gustavo Cattelan; TAVARES, Elaine. **The quest for a circular economy final definition:** A scientific perspective. Journal of Cleaner Production, v. 314, p. 127973, 2021.

NURDIANA, Juli; FRANCO-GARCIA, Maria Laura; HELDEWEG, Michiel Adriaan. **How shall we start? The importance of general indices for circular cities in Indonesia**. Sustainability, v. 13, n. 20, p. 11168, 2021.

OBERSTEG, Andreas *et al*. **Urban regions shifting to circular economy:** Understanding challenges for new ways of governance. Urban Planning, v. 4, n. 3, p. 19-31, 2019.

OBERSTEG, Andreas; ARLATI, Alessandro; KNIELING, Jörg. **Making cities circular:** Experiences from the living lab Hamburg-Altona. European spatial research and policy, v. 27, n. 2, p. 59-77, 2020.

PAES, MX , de Medeiros, GA , Mancini, SD , Ribeiro, FdM e Puppim de Oliveira, JA (2021), "**Transição para a Economia Circular no Brasil**: Um olhar sobre a gestão de resíduos sólidos urbanos no estado de São Paulo", Decisão de Gestão , vol. 59 No. 8, págs. 1827-1840. Disponível em: https://doi-org.ez45.periodicos.capes.gov.br/10.1108/MD-09-2018-1053. Acessado em: 07 de junho de 2022.

PAIHO, Satu *et al*. **Creating a Circular City–An analysis of potential transportation, energy and food solutions in a case district**. Sustainable Cities and Society, v. 64, p. 102529, 2021.

PAIHO, Satu *et al*. **Towards circular cities—Conceptualizing core aspects**. Sustainable Cities and Society, v. 59, p. 102143, 2020.

PAOLI, Federica; PIRLONE, Francesca. **Closing the city cycle**: An approach for defining cross-sectoral circular actions to be included in a circular urban plan. Sustainability, v. 16, n. 17, p. 7747, 2024.

PRENDEVILLE, Sharon; CHERIM, Emma; BOCKEN, Nancy. **Circular cities:** Mapping six cities in transition. Environmental innovation and societal transitions, v. 26, p. 171-194, 2018.

RODRIGUES, Margarida; FRANCO, Mário. **The role of citizens and transformation of energy, water, and waste infrastructure for an intelligent, sustainable environment in cities**. Smart and Sustainable Built Environment, 2021.

SANI, Daniela *et al*. **An Overview of the Transition to a Circular Economy in Emilia-Romagna Region, Italy Considering Technological, Legal–Regulatory and Financial Points of View**: A Case Study. Sustainability, v. 13, n. 2, p. 596, 2021.

SAVINI, Federico. **The economy that runs on waste:** accumulation in the circular city. Journal of environmental policy & planning, v. 21, n. 6, p. 675-691, 2019.

SHI, Yuhe, Yun Lin, Songyi Wang, Haolin Wen, Ming K. Lim, Ming-Lang Tseng. **Resource saving and carbon footprint reduction potential of urban symbiosis strategy in express packaging waste recycling network**. Vol.161, 2023. Disponível em: https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0956053X23002003. Acesso em: 10 de Janeiro de 2024.

SINIR-**Sistema Nacional de Informações sobre a Gestão dos Resíduos Sólidos. Brasília**: Ministério do Meio Ambiente, 2021. Disponível em: < https://sinir.gov.br/informacoes/sobre/>. Acesso em: 12 de junho de 2023.

SOTO, Carlos; THOMSON, Craig S.; UTI NCHOR, Julius. **Realizing the potential for circularity in Glasgow through the socio-spatial dimension of urban systems**. Building Research & Information, v. 52, n. 8, p. 957-983, 2024.

THOMPSON, Matthew *et al*. **Amsterdam's circular economy at a world-ecological crossroads**: postcapitalist degrowth or the next regime of capital accumulation?. Cambridge Journal of Regions, Economy and Society, v. 17, n. 3, p. 535-550, 2024. Disponível em: https://academic.oup.com/cjres/article/17/3/535/7710625. Acesso em: 12 de abril de 2024.

TSUI, T., Furlan, C., Wandl, A. *et al*. **Spatial Parameters for Circular Construction Hubs**: Location Criteria for a Circular Built Environment. Circ.Econ.Sust. 4, 317–338 (2024). Disponível em: https://doi.org/10.1007/s43615-023-00285-y. Acesso em: 12 de abril de 2024.

TSUI, T.P.Y, Alexis Derumigny, David Peck, A. Van Timmeren, and Alex Wandl. **Spatial Clustering of Waste Reuse in a Circular Economy**: A Spatial Autocorrelation Analysis on Locations of Waste Reuse in the Netherlands Using Global and Local Moran's I. (2022)

WBCSD. **Circular Transition Indicators v4**. Metrics for business, by business. May, 2023.Disponível em: https://www.wbcsd.org/resources/circular-transition-indicators-v4/. Acesso em: 10 de Agosto de 2023.

WILLIAMS, Joanna. Circular cities. **Urban Studies**, v. 56, n. 13, p. 2746-2762, 2019.

WILLIAMS, Joanna. **Circular cities:** Challenges to implementing looping actions. Sustainability, v. 11, n. 2, p. 423, 2019.

WILLIAMS, Joanna. **Circular Cities:** What Are the Benefits of Circular Development? Sustainability, v. 13, n. 10, p. 5725, 2021.

WOODARD, Ryan. **Waste management in Small and Medium Enterprises (SMEs)–A barrier to developing circular cities**. Waste Management, v. 118, p. 369-379, 2020.

ZAGO, V. C. P.; BARROS, R. T. DE V.. **Gestão dos resíduos sólidos orgânicos urbanos no Brasil**: do ordenamento jurídico à realidade. Engenharia Sanitaria e Ambiental, v. 24, n. 2, p. 219–228, mar. 2019.

ZOTA, Răzvan Daniel *et al*. **Practical approach for smart and circular cities**: chatbots used in waste recycling. Applied Sciences, v. 14, n. 7, p. 3060, 2024.

# 3 SEGUNDO ARTIGO - ANÁLISE DA GESTÃO DE RESÍDUOS SEMIDURÁVEIS E NÃO DURÁVEIS EM SUPERMERCADOS: OPORTUNIDADES PARA POLÍTICAS DE GESTÃO DE RESÍDUOS EM CIDADES CIRCULARES

**D´Orleãs Fernando Barcellos de Freitas**

## RESUMO

A crescente geração de resíduos sólidos urbanos representa um desafio para a sustentabilidade das cidades contemporâneas. Esta pesquisa teve como objetivo analisar a gestão de resíduos de supermercados como oportunidade para o desenvolvimento de estratégias de gestão e formulação de políticas públicas. O estudo fundamenta-se no referencial legal, envolvendo a Política Nacional de Resíduos Sólidos (PNRS), cidade circular e movimento lixo zero. Metodologicamente, foi desenvolvido um estudo de caso em lojas de uma REDE supermercadista de abrangência nacional. Foram conduzidas entrevistas semiestruturadas com responsáveis pela gestão de resíduos, observações *in loco* dos fluxos de descarte e reaproveitamento e análise documental de relatórios internos sobre quebras e destinação. A triangulação de dados qualitativos e quantitativos buscou compreender tanto as práticas cotidianas quanto os impactos econômicos associados à geração de resíduos. Os resultados demonstram a predominância de estratégias reativas, com cerca de 60% dos resíduos destinados a aterros. Identificaram-se perdas econômicas significativas ligadas às quebras de produtos e à segregação inadequada além de também oportunidades de valorização dos resíduos orgânicos e recicláveis. Constatam-se falta de padronização de dados, integração digital e articulação entre supermercados, prefeituras e cooperativas. Conclui-se que os supermercados, enquanto grandes geradores, constituem elos estratégicos para a circularidade urbana, ao conectar fornecedores, consumidores e gestores públicos, fortalecendo a integração entre fluxos comerciais e domiciliares e contribuindo para cidades circulares no Brasil.

**Palavras-Chave:** Economia Circular, Cidade circular, Resíduo sólido urbano, Lixo Zero, Aterro Zero, Supermercado.

## ABSTRACT

The increasing generation of urban solid waste poses a challenge to the sustainability of contemporary cities. This research aimed to analyze supermarket waste management as an opportunity for developing urban management strategies and formulating public policies. The study is based on legal frameworks, including the National Solid Waste Policy (PNRS), circular cities, and the zero-waste movement. Methodologically, a case study was conducted in stores of a nationwide supermarket chain. Semi-structured interviews were conducted with those responsible for waste management, on-site observations of disposal and reuse flows, and document analysis of internal reports on breakages and disposal were performed. The triangulation of qualitative and quantitative data sought to understand both daily practices and the economic impacts associated with waste generation. The results demonstrate the predominance of reactive strategies, with approximately 60% of waste sent to landfills. Significant economic losses were identified linked to product breakages and inadequate segregation, as well as opportunities for valorizing organic and recyclable waste. A lack of data standardization, digital integration, and coordination between supermarkets, city governments, and cooperatives was noted. The conclusion is that supermarkets, as major generators, constitute strategic links for urban circularity by connecting suppliers, consumers, and public officials, strengthening the integration between commercial and household flows and contributing to circular cities in Brazil.


**Keywords**: Circular Economy, Circular City, Urban Solid Waste, Zero Waste, Zero Landfill, Supermarket.

## 3.1 Introdução

Ao longo da história do Brasil, transformações sociais, econômicas e políticas moldaram a ocupação do território e os padrões de consumo, culminando na consolidação do setor supermercadista como agente central do varejo alimentar (Varotto, 2018). Os supermercados desempenham um papel central no abastecimento das cidades, mas também contribuem significativamente para a geração de resíduos sólidos urbanos (RSU).

A urbanização crescente e a expansão do consumo têm ampliado de forma significativa a geração de resíduos sólidos urbanos (RSU). Estima-se que a quantidade global de resíduos passe de 2,3 bilhões de toneladas em 2023 para 3,8 bilhões em 2050 (United Nations, 2024). No Brasil, em 2023, foram gerados cerca de 81 milhões de toneladas de RSU, com média de 1,047 kg por habitante/dia (ABREMA, 2024). Embora grande parte tenha recebido destinação ambientalmente adequada, a outra parte foi encaminhada, de forma ilegal, para lixões o que evidencia a urgência de revisar as práticas de gestão urbana de resíduos.

Os supermercados como principais agentes do varejo alimentar, concentram grande volume de fluxos materiais e influenciam diretamente padrões de consumo, logística e descarte. O setor faturou R$ 1,067 trilhão em 2024, representando 9,12% do PIB nacional (ABRAS, 2025), mas também contribui de forma significativa para a geração de resíduos orgânicos, embalagens e rejeitos (Mendes, 2012). A literatura indica que grande parte do desperdício de alimentos e resíduos plásticos no comércio varejista deriva tanto de operações internas quanto de fatores como embalagens descartadas e rejeições estéticas (UNEP, 2021; Trento, 2021).

Sob a lente da Economia Circular (EC), a transição para modelos mais sustentáveis pode ser compreendida a partir de dois ciclos: o biológico, em que resíduos orgânicos podem ser reaproveitados por meio de compostagem e biodigestão, e o técnico, relacionado ao reaproveitamento de materiais secos, como papel, vidro e plásticos. Experiências como o Projeto de Compostagem Descentralizada em São Paulo[1] e a primeira unidade pública de compostagem de Belém-PA[2], a ser apresentada na COP-30, demonstram que soluções circulares

[1] Disponível em: https://prefeitura.sp.gov.br/web/relacoes_internacionais/w/s%C3%A3o-paulo-apresenta-pol%C3%ADticas-de-sustentabilidade-na-cop30

[2] Disponível em: https://cop30.br/pt-br/noticias-da-cop30/belem-inaugura-o-primeiro-sistema-publico-de-compostagem-com-catadores

podem ser implementadas em diferentes contextos urbanos. Entretanto, dados do Sistema Nacional de Informações em Saneamento Básico (SINISA) revelam que menos de 2% dos resíduos recicláveis foram efetivamente coletados no Brasil em 2023, apontando fragilidades no ciclo técnico.

A Política Nacional de Resíduos Sólidos (PNRS) (Lei nº 12.305/2010) estabelece que grandes geradores, como supermercados, são responsáveis pela destinação adequada de seus resíduos, incorporando instrumentos como a logística reversa e a responsabilidade compartilhada entre produtores, distribuidores, comerciantes, consumidores e poder público. Nessa perspectiva, os supermercados se configuram como atores centrais, não apenas pela escala de geração de resíduos, mas também pela capacidade de induzir consumidores e fornecedores a práticas mais sustentáveis.

Apesar da relevância do tema, a literatura sobre cidades circulares e resíduos sólidos ainda privilegia setores como a construção civil e zonas industriais (Campbell-Johnston, 2019; Williams, 2019, 2021; Tsui *et al*., 2024), com menor atenção aos grandes geradores do varejo. Tal lacuna limita a compreensão dos fluxos metabólicos urbanos em sua totalidade. Dessa forma, este capítulo busca responder à seguinte questão de pesquisa: de que modo a análise desagregada dos fluxos e da gestão de resíduos em grandes geradores, como supermercados, pode inspirar o desenvolvimento de estratégias de gestão de resíduos domiciliares e políticas públicas locais voltadas à valorização dos resíduos em cidades circulares?

O objetivo geral é analisar a gestão de resíduos de supermercados como oportunidade para o desenvolvimento de estratégias de gestão e formulação de políticas públicas. Os objetivos específicos incluem: (i) avaliar as práticas de gestão de resíduos em supermercados e sua aderência aos princípios da economia circular; e (ii) identificar oportunidades de aprimoramento de políticas públicas de gestão integrada de resíduos sólidos a partir do papel dos supermercados como grandes geradores.

Este estudo busca contribuir teoricamente ao preencher uma lacuna da literatura ao inserir os supermercados como atores estratégicos nos estudos sobre Economia Circular e cidades circulares, geralmente focados em setores industriais e de construção civil. Do ponto de vista prático, oferece recomendações aplicáveis para supermercados e gestores públicos, ao propor estratégias para redução, reutilização e reciclagem de resíduos, alinhadas ao movimento **Lixo Zero** e à meta de **Aterro**

**Zero**. Dessa forma, o capítulo fornece subsídios tanto para o avanço acadêmico quanto para a formulação de políticas públicas e práticas empresariais mais sustentáveis.

## 3.2 Referencial teórico

Esta seção apresenta o referencial teórico que fundamenta a pesquisa, abordando inicialmente o panorama e os desafios da gestão de resíduos sólidos no Brasil, seguido pela discussão sobre o conceito de Cidade Circular integrada com urbanismo, Economia Circular e lixo zero. Por fim, são exploradas as práticas sustentáveis adotadas por supermercados, considerados como grandes geradores de resíduos, com o intuito de compreender seu papel na transição para modelos mais sustentáveis.

### 3.2.1 Panorama e Desafios da Gestão de Resíduos no Brasil

A governança dos resíduos sólidos no Brasil estruturas sobre um arcabouço legal integrado, cujo alicerce fundamental é a Política Nacional de Resíduos Sólidos (PNRS), instituída pela Lei nº 12.305/2010. Este marco regulatório rompeu com o modelo tradicional de gestão ao estabelecer princípios como a responsabilidade compartilhada, a logística reversa e a hierarquia na gestão de resíduos, priorizando anão geração, a redução, a reutilização e a reciclagem antes da disposição final ambientalmente adequada dos rejeitos.

Para operacionalizar as diretrizes da PNRS, o sistema apoia se em dois pilares complementares: o Plano Nacional de Resíduos Sólidos (PLANARES), regulamentado pelo Decreto nº 11.043/2022 (Brasil, 2010; PLANARES, 2021), que define as estratégias, metas e diretrizes de longo prazo para o setor; e o Sistema Nacional de Informações sobre o Gerenciamento de Resíduos Sólidos (SINIR), Que atua como o braço de inteligência e monitoramento, centralizando dados essenciais para o diagnóstico e a tomada de decisão em nível nacional.

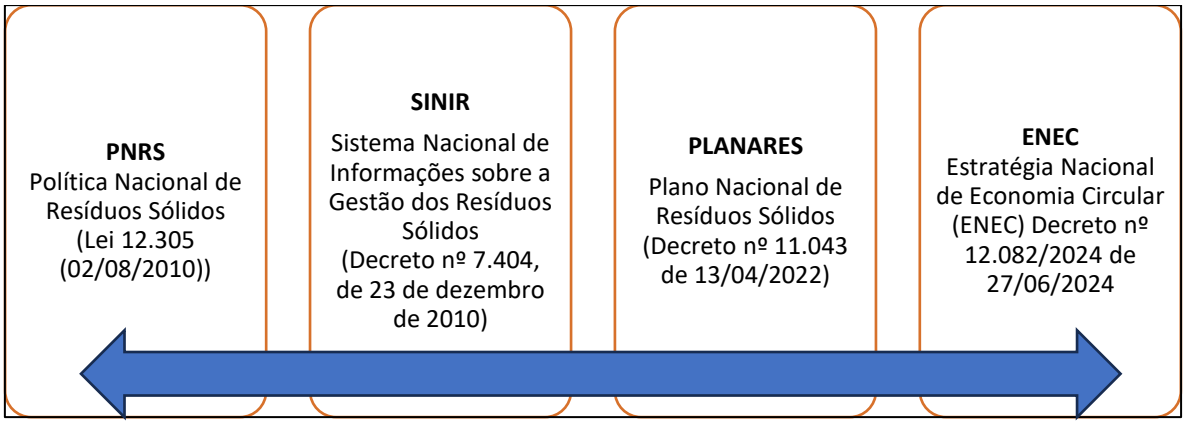
Mais recentemente, este ecossistema regulatório foi expandido e modernizado para a instituição da Estratégia Nacional de Economia Circular (ENEC), por meio do Decreto nº 12.082/2024. A ENEC não apenas complementa a PNRS, mas amplia o seu espaço, Passando o foco da gestão do resíduo (pós-consumo) para a circularidade dos **recursos** ao longo de toda a cadeia produtiva. Enquanto a PNRS e o PLANARES estabelecem o que deve ser feito com os recursos e quais as metas a

atingir, a ENEC conecta estes objetivos ao modelo econômico mais abrangente, promovendo a eficiência no uso de recursos e o design circular desde a origem.

Desta forma, a integração entre PNRS, PLANARES, SINIR e ENEC compõem um ciclo de políticas públicas que Visa superar a gestão de linear. A Figura 1 ilustra essa integração e demonstra a interdependência destes componentes fundamentais para a gestão sustentável no país.

A Figura 1 ilustra essa integração e demonstra a importância de cada componente.

Figura 1 - Integração entre a PNRS, o SINIR e o Planares




Fonte: Elaborado pelo autor (2025)

No Quadro 1 está o resumo dos principais conceitos do Artigo 3º da Política Nacional de Resíduos Sólidos (PNRS), fornecendo uma visão geral das definições utilizadas no contexto da gestão de resíduos.

Quadro 1 - Resumo dos principais conceitos da PNRS

| TERMO | DEFINIÇÃO |
|---|---|
| Ciclo de vida do produto | Etapas desde a obtenção de matérias-primas até a disposição final |
| Coleta seletiva | Separação prévia e coleta dos resíduos por tipo/composição |
| Geradores de resíduos sólidos | Pessoas físicas ou jurídicas que produzem resíduos em suas atividades |
| Gerenciamento de resíduos sólidos | Ações de coleta, transporte, tratamento e destinação final adequada |
| Gestão integrada de resíduos sólidos | Soluções considerando aspectos políticos, econômico, ambientais e sociais |
| Logística reversa | Retorno de resíduos ao setor produtivo ou destinação adequada |
| Reciclagem | Transformação de resíduos em insumos ou novos produtos |
| Rejeitos | Resíduos sem alternativa de tratamento além da disposição final adequada. |
| Resíduos sólidos | Materiais descartados por atividades humanas que exigem destinação final |
| Reutilização | Aproveitamento de resíduos sem transformação físico-química ou biológica |

Fonte: Elaborado pelo autor (2023)

### *3.2.1.1 Geradores de resíduos sólidos no Brasil*

Os geradores de resíduos sólidos, definidos pela PNRS, podem ser pessoas físicas ou jurídicas, públicas ou privadas, e variam entre pequenos geradores (como residências e pequenos comércios) e grandes geradores (como indústrias, hospitais, shoppings e supermercados). A classificação de **grande gerador** é regulamentada por legislações municipais, que estabelecem limites de volume ou massa de resíduos para essa categoria. Em geral, municípios de maior porte, como São Paulo, Fortaleza e Porto Alegre, estipulam parâmetros diários que variam entre 100 e 200 litros, enquanto cidades menores podem adotar critérios menos rígidos ou mesmo não possuir regulamentação específica. Essa heterogeneidade normativa cria desafios para a padronização de práticas em âmbito nacional (Quadro 2).

Quadro 2 - Limites de caracterização de grandes geradores de resíduos sólidos em municípios

| REGIÃO | CIDADE | LEI/DECRETO | LIMITES |
|---|---|---|---|
| **Sudeste** | São Paulo/SP | Lei Municipal nº 14.973/2009 | >200 l/dia de resíduos classe 2; >50 km/dia de resíduos inertes; condomínios com soma ≥ 1.000 l/dia |
| **Sul** | Porto Alegre/RS | Decreto nº 20.227/2019 | Estabelecimentos não residenciais: >100 l/dia. Limites diferenciados conforme frequência da coleta (100-300 l) |
| **Nordeste** | Fortaleza/CE | Lei Municipal nº 8.408/1999 | Peso específico > 500 kg/m3, ou cuja quantidade produzida exceda o volume, de 100 L (cem litros) ou 50 Kg (cinquenta quilogramas), por dia, |
| **Norte** | Belém/PA | - | Município não dispõe de legislação específica para grandes geradores recicláveis/orgânicos |
| **Centro-Oeste** | Campo Grande/MS | Decreto nº 13.653/2018 | > 200 litros/dia ou > 50 kg/dia, abrangendo pessoas físicas ou jurídicas, comércio e serviços. |

Fonte: Elaborado pelo autor (2024)

A ausência de uniformidade na legislação municipal gera lacunas na responsabilização dos grandes geradores e limita a eficiência de políticas integradas. Enquanto alguns municípios atualmente exigem planos de gerenciamento de resíduos específicos para supermercados e estabelecimentos de grande porte, outros ainda não dispõem de regulamentações claras. Essa fragmentação reforça a importância de políticas nacionais articuladas, capazes de orientar e harmonizar as ações locais, evitando que grandes volumes de resíduos sejam destinados a aterros sem aproveitamento.

Em síntese, o Brasil conta com um arcabouço legal avançado, mas enfrenta dificuldades na implementação efetiva, sobretudo pela disparidade entre municípios, pela baixa taxa de reciclagem (menos de 2% dos recicláveis foram coletados em 2023, segundo o SINISA) e pela dificuldade de operacionalizar a logística reversa em setores complexos como o supermercadista. Tais desafios evidenciam a necessidade de maior articulação entre políticas públicas, empresas e sociedade civil para que a circularidade seja incorporada de forma consistente na gestão de resíduos urbanos.

#### *3.2.1.2 Resíduos sólidos de grandes geradores - supermercados*

De acordo com Melo (2022), a Associação Brasileira de Supermercados (ABRAS) define supermercado como estabelecimento varejista de autosserviço que comercializa alimentos, artigos de consumo imediato e utilidades domésticas, podendo ser explorado por pessoas físicas ou jurídicas. Estima-se que existam cerca de 3 milhões de supermercados no mundo. No Brasil, o setor supermercadista ocupa posição de destaque no varejo: em 2024 havia 424.120 lojas de diferentes portes registradas no país (ABRAS, 2025).

O desperdício de alimentos é uma das principais questões relacionadas a esses estabelecimentos. Em 2019, o desperdício global alcançou aproximadamente 931 milhões de toneladas, sendo 13% gerados no comércio e varejo , categoria que engloba os supermercados, 26% em restaurantes e 61% em domicílios (UNEP, 2021). Nos supermercados, esse desperdício resulta tanto de operações internas quanto de fatores externos, como embalagens descartadas ou rejeições estéticas dos produtos. Predominam os alimentos não comercializados dentro da validade, aqueles com características visuais não aceitáveis ao consumidor ou oriundos de excesso de estoque (Trento, 2021).

A diversidade de setores nos supermercados implica na geração de diferentes tipos de resíduos. Conforme Debastiani (2016), cada setor apresenta particularidades:

- Padaria: óleos vegetais usados, restos de alimentos, embalagens, panos de limpeza;
- Açougue: ossos, restos de carnes, isopor, gorduras, plásticos;
- Lanchonete: óleo vegetal usado, papel;
- Depósito: papelão, plástico, madeira, vidro, latas;
- Confeitaria: embalagens, restos de frutas e bolos;
- Loja: papelão, plástico, vidro, sacolas, latas, isopor, panos de limpeza.

Esses resíduos, sobretudo os orgânicos e plásticos, evidenciam o impacto ambiental do setor. Entretanto, também revelam oportunidades estratégicas para redução do desperdício, alinhamento aos Objetivos de Desenvolvimento Sustentável (ODS) e promoção da economia circular, especialmente no tocante às embalagens. Estima-se que cerca de 36% de todo o plástico produzido mundialmente seja destinado à fabricação de embalagens (UNEP, 2021).

Algumas iniciativas de mitigação vêm sendo implementadas. Um exemplo é o incentivo ao uso de sacolas retornáveis ou de plástico verde, que contribuem para a redução das cerca de 5 trilhões de sacolas plásticas descartadas anualmente no mundo (UNEP, 2024). No Brasil, cidades como Belo Horizonte, pioneira na proibição das sacolas plásticas em supermercados, São Paulo e Goiânia adotaram legislações para promover alternativas sustentáveis. No Rio Grande do Sul, as ações ocorreram em parceria com a Associação Gaúcha de Supermercados (AGAS).

O varejo, especialmente representado pelos supermercados, desempenha papel central na conexão entre a indústria e o consumidor. Considerado símbolo do consumismo, esse setor adota estratégias mercadológicas voltadas à indução do aumento de compras, o que exige manutenção de estoques atualizados e ações de controle do desperdício. Apesar dessas medidas, os supermercados continuam a ser reconhecidos como grandes geradores de resíduos (Sabatini e Wanderley, 2021).

A adoção de práticas sustentáveis mostra-se, portanto, indispensável. Os supermercados geram resíduos não apenas em suas operações, mas também por meio do compartilhamento indireto com os consumidores, que transportam produtos em embalagens e sacolas disponibilizadas pelo estabelecimento (Sabatini e Wanderley, 2021). Nesse sentido, destacam-se práticas como gestão de resíduos, eficiência energética, responsabilidade socioambiental e estratégias alinhadas à economia circular, ao movimento Lixo Zero e à meta Aterro Zero, todas reconhecidas como fundamentais para a sustentabilidade (Valenzuela-Fernández, 2022). Enquanto a abordagem **Aterro Zero** enfatiza a redução do descarte para aterros, buscando que o mínimo possível de resíduos vá parar neles, a abordagem **Lixo Zero** é um conceito mais amplo e ambicioso. Ele visa a eliminação da geração de lixo através da redução do consumo, reutilização e recuperação de todos os materiais, de modo que não sobrem resíduos para serem aterrados ou incinerados (Souza *et al*. 2024).

No caso específico do modelo Lixo Zero, os benefícios incluem a capacitação dos colaboradores para internalizar hábitos de combate ao desperdício e de

manutenção da limpeza, resultando em melhorias no desempenho organizacional. Além disso, consumidores passam a ser envolvidos de forma mais ativa por meio de campanhas educativas, estímulos à reutilização de embalagens e até mesmo descontos promocionais (Sabatini e Wanderley, 2021).

Diante dessa complexidade, o supermercado pode ser interpretado como um modelo em pequena escala da gestão urbana de resíduos, inspirando soluções para cidades mais sustentáveis. Ao integrar a gestão eficiente de diversos fluxos de resíduos com estratégias de economia circular, esses estabelecimentos validam modelos operacionais que podem ser replicados em escala municipal (Valenzuela-Fernández, 2022). Além disso, ao atuar na educação do consumidor e na mudança de hábitos de consumo, o varejo desempenha uma função social essencial, demonstrando que a colaboração entre geradores e cidadãos é viável e necessária para a construção de comunidades Lixo Zero (Sabatini e Wanderley, 2021).

Embora seja uma indústria, o caso da Jasmine Alimentos, localizada em Campina Grande do Sul (PR), serve de referência para o varejo sobre a viabilidade técnica de destinar 100% dos resíduos, pois em 2022 ela atingiu essa meta e se consolidou como referência para o setor.

### 3.2.2 Integração entre cidade circular, economia circular e Lixo Zero

A relação entre economia circular, cidade circular e lixo zero é estreita e sinérgica, compartilhando uma visão comum de sustentabilidade e uso eficiente dos recursos. A economia circular propõe a substituição do modelo linear de produção e consumo baseado em extrair, produzir, usar e descartar por um modelo circular, no qual os materiais permanecem em ciclos de uso por meio da reutilização, reciclagem e regeneração (European Commission, 2020). A cidade circular, por sua vez, aplica os princípios da economia circular no contexto urbano, buscando criar ambientes sustentáveis com infraestruturas e sistemas que promovam a redução de resíduos, a eficiência energética e a minimização da poluição (City of Amsterdam, 2023).

A implementação de políticas de Lixo Zero é um componente essencial dessa abordagem integrada. O conceito de lixo zero visa eliminar o envio de resíduos para aterros sanitários e incineradores, priorizando a prevenção, a redução na geração de resíduos e práticas de gestão que favoreçam a reciclagem, a compostagem e outras formas de valorização (Sabatini e Wanderley, 2021 Pietzsch, 2017). Ao adotar políticas de lixo zero, uma cidade circular pode promover a separação adequada de

resíduos, implementar sistemas de coleta seletiva eficientes, fortalecer a economia de reciclagem e incentivar padrões de produção e o consumo responsáveis.

A economia circular, a cidade circular e o lixo zero têm sido explorados em diversas iniciativas ao redor do mundo. A União Europeia lidera esse movimento com estratégias e políticas abrangentes, como o Plano de Ação para a Economia Circular (European Commission, 2020). Amsterdã é um exemplo de cidade circular, com projetos voltados à reutilização de materiais de construção, a reciclagem de plásticos e a redução do desperdício de alimentos (Savini, 2019).

A integração entre essas abordagens é relevante para a construção de um futuro mais sustentável, resiliente e inclusivo. Ao combinar princípios circulares com políticas eficazes de gestão de resíduos, é possível criar cidades mais eficientes, reduzir a pressão sobre os recursos naturais, minimizar os impactos ambientais e promover o bem-estar coletivo. Esses esforços colaborativos são indispensáveis para enfrentar os desafios ambientais, sociais e econômicos do nosso tempo (Ribeiro *et al*., 2023).

## 3.3 Procedimentos metodológicos

O procedimento metodológico descrito a seguir trata da classificação da pesquisa, da definição da unidade e a delimitação do estudo e do método de trabalho.

### 3.3.1 Classificação da pesquisa

Este estudo configura-se como **pesquisa descritiva**, de caráter **aplicado** e abordagem **qualitativa**, complementada por dados quantitativos. O método adotado é o **estudo de caso único**, considerado adequado para a análise aprofundada de fenômenos complexos em seu contexto real (Yin, 2014). O objetivo foi documentar e compreender práticas de gestão de resíduos em uma grande rede nacional de supermercados, gerando subsídios tanto para avanços acadêmicos quanto para formulação de políticas públicas.

### 3.3.2 Unidade de estudo

A pesquisa foi conduzida em 2021 por meio da parceria entre a Hélice® Consultoria, a Trashin® Gestão de Recicláveis S.A. e o grupo de pesquisa NIProS/UFRGS, grupo de pesquisa do CNPq (dgp.cnpq.br/dgp/espelhogrupo/6543967367228374). Essa parceria se deu de forma técnica e acadêmica com a Hélice® e a Trashin® cuja finalidade era diagnosticar de

forma operacional e estratégica uma rede de supermercado com o suporte metodológico do NIProS/UFRGS.

A unidade de análise é uma rede supermercadista de abrangência nacional, com mais de 180 lojas espalhadas por todas as regiões do Brasil. Para o recorte empírico, foram selecionadas sete lojas. Os critérios de escolha incluíram:

- Disponibilidade e confiabilidade dos dados de resíduos,
- Diversidade geográfica e de perfis de operação,
- Maturidade em práticas de gestão de resíduos,
- Abertura dos gestores para entrevistas e observações.

Essa escolha permitiu equilibrar representatividade e viabilidade de análise. As informações sensíveis foram preservadas, mantendo anonimato da rede e das unidades.

Os gestores desejavam informações para tomada das medidas cabíveis, em nível estratégico, para decidir quais lojas e de qual forma a REDE caminharia em direção à certificação **Aterro Zero**, considerando as complexidades de uma operação nacional e o aspectos de custo-benefício que deveriam ser claros para a tomada de decisão.

### 3.3.3 Delimitação do estudo

A análise concentrou-se em compreender práticas de gestão e fluxos de resíduos em profundidade nas sete lojas selecionadas, mas também considerou dados secundários de lojas da rede.

Assim, a metodologia combinou:

- análise aprofundada (qualitativa) das sete lojas, por meio de entrevistas e visitas técnicas;
- análise abrangente (quantitativa) de lojas da rede, utilizando planilhas consolidadas de geração e destinação de resíduos.

Esse recorte metodológico assegurou uma visão detalhada e, ao mesmo tempo, panorâmica das práticas adotadas.

A escolha deste caso foi apoiada nos seguintes critérios:

- Abertura dos gestores para análise desagregada de dados dos resíduos;
- Disponibilidade de dados em profundidade de lojas e com horizonte de tempo de 12 meses;
- Localização das lojas em abrangência nacional;

- Abertura para aprofundamento sobre a geração e gestão dos resíduos no supermercado por meio de entrevistas e mapeamentos, incluindo práticas de valorização adotadas nas lojas/região do país;
- Grau de maturidade em gestão da REDE supermercado;
- Diversidade de materiais comercializados por se um atacadista.

### 3.3.4 Método de trabalho

O protocolo de estudo de caso seguiu as seguintes etapas conforme descrito a seguir: visão geral do projeto de estudo de caso, procedimento de campo, questões do estudo de caso, guia para coleta de dados, plano para análise de dados.

#### *3.3.4.1 Visão geral do projeto de estudo de caso*

A questão de pesquisa norteadora é: de que modo a análise desagregada dos fluxos e da gestão de resíduos em grandes geradores, como supermercados, pode inspirar o desenvolvimento de estratégias de gestão de resíduos domiciliares e formulação de públicas locais voltadas à valorização dos resíduos em cidades?

Esse estudo de caso está assentado na premissa de que: su**permercados são atores-chave na transição circular,** e que a análise de seus resíduos pode inspirar soluções mais amplas para cidades sustentáveis. A fundamentação para a premissa desta pesquisa está ancorada em três eixos principais: **(i) dados de geração inadequada de RSU, (ii) importância econômica e social dos supermercados** e **(iii) lacuna acadêmica sobre grandes geradores.**

#### *3.3.4.2 Procedimento de campo*

A análise seguiu a estrutura de trabalho do NIProS®, grupo de pesquisa ao qual este autor pertence, com etapas que se mostraram adequadas e foram complementadas ao longo do estudo. A primeira etapa foi a familiarização do pesquisador com o projeto, visto que este faz parte da equipe NIProS® e esteve envolvido nas fases de análise de literatura, legislação e oferecendo suporte aos membros da equipe durante a coleta e análise de dados. Pela mesma razão, o pesquisador teve livre acesso às bases de dados, aos documentos, registros fotográficos e repositórios completos de documentos e relatórios.

O cronograma de análise seguiu o cronograma da dissertação. O pesquisador manteve sigilo de dados sensíveis da REDE incluindo nome, localização das lojas, detalhamentos que facilitem a identificação do objeto estudado. Para fins de realização da pesquisa, alguns materiais tiveram adaptação para respeito ao sigilo.

*3.3.4.3 Estratégias para o estudo de caso, coleta e análise de dados*

Para responder à questão de pesquisa foram traçadas as seguintes estratégias e utilizadas as seguintes fontes de evidência: análise documental dos relatórios do projeto; fotos; gravações; comparação dos achados com literatura e validação com os especialistas.

Os documentos/relatórios acessados incluíram: o diagnóstico dos dados fornecidos pela REDE; fotografias das visitas técnicas; formulários de pesquisa aplicados; a avaliação dos custos envolvidos na destinação dos resíduos, em comparação com possíveis melhorias nos processos e na comercialização dos resíduos; apresentações técnicas do projeto; a apresentação de soluções e sugestões para obtenção de certificações, além de dashboard proposto para a gestão dos resíduos da REDE.

A literatura relevante foi obtida da base de dados Web of Science, por meio de revisão de literatura e estratégia bola de neve. Esta foi apresentada no referencial teórico, incluindo leis e políticas para grandes e pequenos geradores, literatura sobre certificação aterro zero/lixo zero; bem como cidades circulares.

Foram utilizadas diferentes fontes e técnicas, integradas por triangulação:

- **Documentos e relatórios institucionais**: planilhas com dados de resíduos, relatórios internos, legislações aplicáveis e certificações. Entrevistas estruturadas estavam entre os documentos, tendo sido realizadas com gestores de sete lojas, de forma presencial (em São Paulo, Rio de Janeiro e Minas Gerais) e remota (Paraná, Bahia e Goiás). O questionário foi dividido em quatro blocos, abordando desde percepções até procedimentos técnicos. Também foram analisados dados obtidos por observação direta dos pesquisadores, incluindo evidências fotográficas e práticas de segregação, mapeamento da gestão de resíduos nos supermercados, práticas de beneficiamento e descarte dos resíduos de produtos das lojas da REDE.
- **Entrevistas não estruturadas**: os pesquisadores do projeto foram consultados ao longo da análise dos documentos para entendimento de suas percepções sobre cada bloco dos resultados. Os entrevistados incluíram: o coordenador do projeto (especialista em economia circular); membro da equipe gerente do projeto (biólogo); membro da equipe analista dos processos, tecnologias e implicações dos dados

(engenheiro de produção); membro da equipe que fez análise dos bancos de dados e dashboard (estatístico). As impressões destes membros forma gravadas e transcritas ao longo da análise dos resultados do caso.

- **Dados secundários:** foram utilizados indicadores nacionais e internacionais (ABRAS, ABREMA, UNEP, GWMO, União Europeia) para comparação e validação.

A análise foi estruturada em três níveis complementares de triangulação e validação (Quadro 3). A **triangulação horizontal** consistiu na comparação entre os discursos obtidos em entrevistas, as práticas observadas durante visitas técnicas e os registros documentais disponibilizados pela rede. Em paralelo, a **triangulação vertical** promoveu o cruzamento de dados quantitativos — como volumes de resíduos e custos associados — com informações qualitativas referentes a percepções, práticas adotadas e dificuldades relatadas pelos gestores. Por fim, a **validação externa** reforçou a consistência das análises, ao confrontar os resultados obtidos com benchmarks nacionais e internacionais, incluindo relatórios da UNEP e dados setoriais disponibilizados por entidades como ABRAS e ABREMA.

Quadro 3 - Triangulação de dados na pesquisa

| Fonte de dados | Tipo de informação | Papel na triangulação |
|---|---|---|
| Documentos e registros institucionais (planilha de resíduos, relatórios internos, legislações, certificações) | Dados quantitativos de geração, custos e destinação; normas aplicáveis | Validar a conformidade legal e comparar com dados coletados em campo |
| Entrevistas e questionários (gestores e colaboradores) | Percepções, práticas declaradas, atribuições de responsabilidades | Identificar lacunas entre discurso e prática: complementar os dados quantitativos |
| Observação direta/visitas técnicas | Evidências visuais e práticas reais de segregação, acondicionamento e descarte | Verificar a veracidade das informações declaradas e identificar incongruências |
| Dados secundário e bibliográficos (ABRAS, ABREMA, GWMO, UNEP, literatura acadêmica) | Indicadores nacionais e internacionais: referenciais teóricos | Situar os resultados do caso dentro de um contexto mais amplo e fornecer benchmarks |
| Análise comparativa de cenários (diagnóstico atual x cenários futuros Aterro Zero) | Projeções e estratégias para gestão de resíduos | Confrontar práticas atuais com metas prospectivas e avaliar sua viabilidade |

Fonte: Adaptado pelo autor (2023)

A última etapa do método consistiu no uso dos resultados para o desenvolvimento de estratégias de gestão de resíduos domiciliares e políticas públicas locais voltadas à valorização dos resíduos em cidades circulares. Durante as entrevistas não estruturadas, o pesquisador construiu esboços em colaboração com

os membros da equipe de projeto do caso estudado e consolidou, ao final numa representação gráfica.

## 3.4 Estudo de caso - consultoria em gestão de resíduos sólidos em uma rede de supermercado no brasil

Inicia-se este estudo pela descrição documental da pesquisa realizada e, para simplificação, as reflexões de triangulação vão sendo apresentadas de forma concomitante.

A investigação foi conduzida pela Hélice Consultoria em 2021, em parceria com a TRASHIN® Gestão e Coleta de Recicláveis S.A., com o objetivo de: "(...) *realizar um diagnóstico da situação atual dos resíduos orgânicos da REDE, analisar legislações e certificações pertinentes ao tema, apontar soluções disponíveis e, em nível estratégico, visando decidir a melhor forma para os gestores da empresa caminharem em direção ao Aterro Zero até o ano de 2025*" (UFRGS-NIPROS, 2021).

Conforme explorado no referencial teórico desta pesquisa os supermercadistas sofrem pressões de diferentes naturezas quando o tema tratado é resíduo, conforme descrito no Quadro 4.

Quadro 4 - Pressões sofridas por supermercadistas relativas ao tema resíduos

| TIPO DE PRESSÃO | ORIGEM | IMPACTO NOS SUPERMERCADOS |
|---|---|---|
| Legal e regulatória | Política Nacional de Resíduos Sólidos (PNRS), logística reversa, responsabilidade compartilhada | Necessidade de estrutura processos de separação, destinação adequada e cumprimento de obrigações legais |
| Social e de imagem | Consumidores, sociedade civil, ONG´s ambientais | Cobrança por reduzir desperdício de alimentos, diminuir embalagens e adotar práticas sustentáveis, sob risco de desgaste de reputação |
| Mercado e competitiva | Certificações ambientais, iniciativas de Lixo Zero e Aterro Zero, concorrência | Pressão para se diferenciar positivamente no mercado e evitar desvantagem competitiva frente a redes mais sustentáveis |
| Internacional e tendências globais | Relatório como GWMO 2024, diretrizes internacionais de Economia Circular | Exigência de alinhar-se a práticas globais, antecipar tendências e adotar soluções inovadoras para atender padrões internacionais |

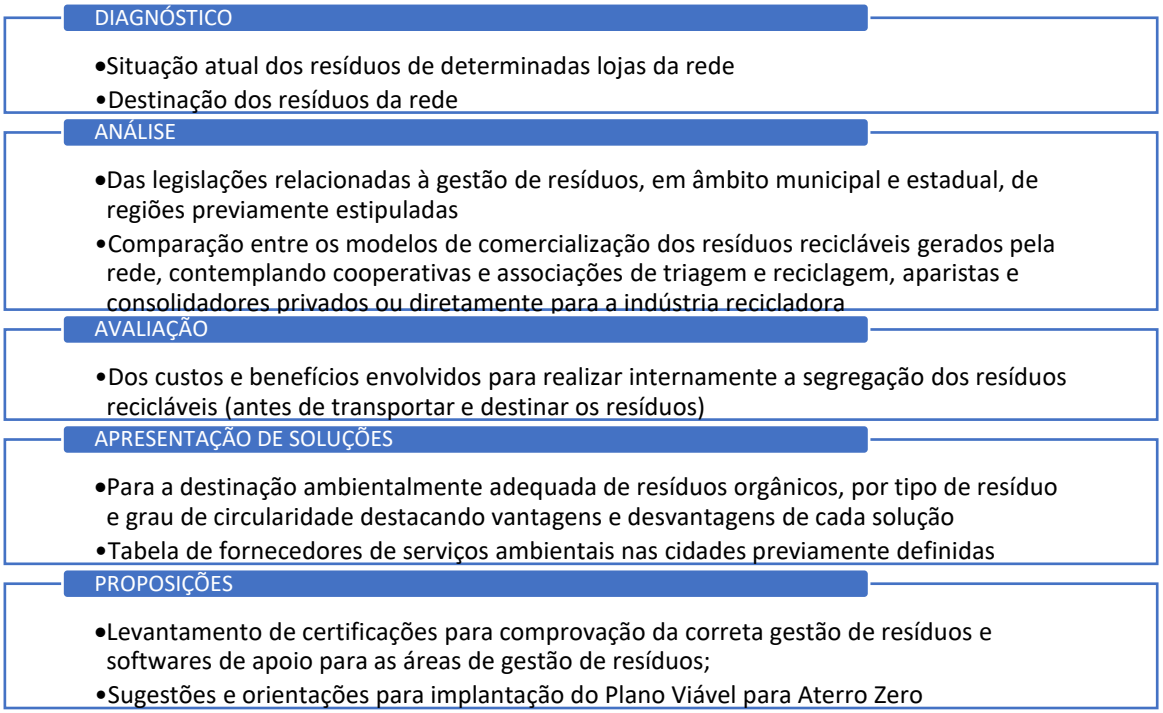
Fonte: Adaptado pelo autor (2023)

Tais estabelecimentos estão no centro de múltiplas exigências. Do ponto de vista legal, a PNRS (Brasil, 2010) impõe obrigações de logística reversa e responsabilidade compartilhada, exigindo adequação operacional e investimentos em gestão. No campo social e de imagem, os supermercados são cobrados por consumidores e organizações ambientais para reduzir desperdícios e adotar práticas alinhadas à sustentabilidade, sob pena de desgaste reputacional (ABRAS, 2025). Sob a ótica do mercado, iniciativas como certificações ambientais, programas Lixo Zero e

Aterro Zero configuram diferenciais competitivos, forçando as redes que acompanham essas mudanças a reavaliar seus processos (Silveira, 2017). Por fim, no contexto internacional, relatórios como o GWMO (2024), (UNEP, 2024; Poletto, 2018) projetam o crescimento exponencial da geração de resíduos, reforçando a urgência de integrar princípios de Economia Circular e de cidades circulares às estratégias corporativas.

A complexidade da análise se explica pelo fato de que a REDE de supermercados opera nas regiões norte, nordeste, centro-oeste e sudeste do país, contando com mais de 180 lojas (em 2021 havia intenção de ampliação do número de lojas, fato que se consolidou posteriormente), oferece uma ampla variedade de produtos, incluindo alimentos, artigos de bazar, bebidas, produtos de higiene pessoal e limpeza, embalagens, descartáveis, produtos automotivos, linha pet e eletro portáteis. Portanto, a pesquisa desenvolvida num período de 2 meses foi dividida em duas grandes fases: (1) um diagnóstico qualitativo e quantitativo dos resíduos das lojas e (2) proposição de um conjunto de soluções e plano de implementação da estratégia de aterro zero nas lojas da REDE (Figura 2).

Figura 2 - Etapas e atividades inicialmente previstas




Fonte: Adaptado pelo autor (2023)

### 3.4.1 Diagnóstico dos resíduos sólidos das lojas da rede

O diagnóstico dos resíduos sólidos nas lojas da REDE teve por propósito explorar os seguintes aspectos: (3.4.1.1) o gerenciamento dos resíduos nas lojas, (3.4.1.2) analisar qualitativamente e quantitativamente os resíduos, (3.4.1.3) propor

um plano viável para Aterro Zero. Esse processo proporcionou uma visão detalhada e atualizada das práticas adotadas pelas lojas, servindo como base para a formulação de decisões estratégicas rumo ao modelo de Aterro Zero.

### *3.4.1.1 O gerenciamento dos resíduos nas lojas da REDE*

A abordagem metodológica desta etapa foi qualitativa, realizada por meio de entrevistas e mapeamentos em sete lojas da REDE. A amostragem ocorreu por sugestão dos próprios gestores da REDE e buscou representatividade dos padrões, mas também visou cobrir particularidades como diversidade de produtos e existência de práticas de aproveitamento de resíduos. Segundo os relatos, os questionários foram aplicados por meio entrevistas presenciais em quatro (4) lojas dos estados de São Paulo, Rio de Janeiro e Minas Gerais e três (3) entrevistas remotas em lojas do Paraná, Bahia e Goiás e os resultados foram registrados em formulários do Google Forms®. Os questionários foram divididos em quatro blocos: o Bloco A, preenchido pelos entrevistados, e os Blocos B, C e D, preenchidos pelo entrevistador (Figura 3). A análise de conteúdo foi realizada com base nas respostas obtidas dessas entrevistas.

Figura 3 - Localização das lojas da REDE (verde) e 7 lojas investigadas em profundidade (vermelho)




| | |
|---|---|
| **Blocos do Roteiro** | **Bloco A –** Informações gerais da loja;<br>**Bloco B –** Identificação dos Resíduos Sólidos gerados na Loja Analisada;<br>**Bloco C –** Gerenciamento dos Resíduos Sólidos gerados na Loja Analisada;<br>**Bloco D –** Finalização. |

Fonte: UFRGS-NIPROS, 2021 b

As visitas técnicas serviram para realização de mapeamento dos resíduos nas lojas e foram complementadas pela aplicação de questionários junto aos responsáveis de cada departamento. A pesquisa como um todo foi conduzida entre 20 de agosto e 10 de setembro de 2021, permitindo um diagnóstico detalhado sobre as práticas atuais de gestão de resíduos nas lojas da REDE.

A Figura 4 aponta os resultados obtidos das 7 lojas. Apenas 4 gestores responderam o bloco A e uma não quis se identificar. A opção de que o bloco A fosse respondido pelo entrevistado de forma remota, anteriormente à visita técnica, foi uma estratégia dos pesquisadores para que se pudesse ter uma ideia preliminar do estabelecimento, mas não foi muito bem acolhida, visto que retornaram 4 dos 7 estabelecimentos e um deles não desejou se identificar.

Figura 4 - Resultados do Bloco A do roteiro qualitativo

**A1. Resultado Bloco A:**

| Loja REDE | Loja 1 - SP | Loja 2 -SP | Loja 3 - MG | Não identificada |
|---|---|---|---|---|
| Q1. Tamanho da área construída? | Não sabe | 8.054 m² | 14.237 m² | 18.811 |
| Q2. Qual o total de funcionários? | 186 | 458 | 270 | 270 |
| Q3. Qual o total de funcionários envolvidos no gerenciamento dos resíduos sólidos? | 16 | 500 | 2 | 30 |

- Não fica muito claro se o número de pessoas envolvidas com o gerenciamento de resíduos nas lojas está claro para os próprios respondentes. **Processos precisam de "donos";**
- **Não há um padrão de procedimentos entre as lojas de forma geral;**
- **Existem setores em comum que podem receber tratamento parecido entre as lojas (ex:mercearia, FLV, restaurante);**
- **O efeito das peculiaridades devem ser analisadas caso-a-caso;** por exemplo, decorrentes de horários de funcionamento distintos e resíduos específicos (próximo slide).

Fonte: UFRGS-NIPROS, 2021 b

Os resultados iniciais revelaram que os entrevistados demonstravam incerteza ao responder às questões, o que sugeriu que o gerenciamento formal de resíduos não era uma prática comum em todas as unidades. Além disso, observou-se a falta de consenso e clareza sobre as responsabilidades atribuídas à gestão de resíduos, o que aponta para a necessidade de uma abordagem formal nas lojas. Não foi identificada uma relação direta entre a área construída e o porte da loja, o que sugeriu haver um potencial significativo para a implementação de estratégias internas de gestão de resíduos, como compostagem e biodigestão. Contudo, devido as diretrizes da empresa e ao espaço limitado disponível nas lojas, e atendendo o que preconiza a ABRAS sobre a priorização da gestão de resíduos e a logística reversa como pilares

da agenda ambiental supermercadista, a terceirização da gestão de resíduos foi considerada a alternativa mais viável e economicamente vantajosa no curto prazo (observada na fala dos entrevistados).

*(...) Mercadoria chega pelo fundo de loja e o pessoal encarregado tiram as embalagens (caixas ou plásticos) e leva para o fundo de loja onde as 2 pessoas da empresa terceirizada fazem a separação e prensagem do material em horário integral. Todas lixeiras são comuns, para todos os tipos de resíduos, exceto no refeitório (Entrevistado da Loja Ba).*

*(...) os resíduos são transportados na mão pelos colaboradores da limpeza (terceirizada) (Entrevistado da Loja 1 – SP).*

Quanto à relação entre o número de funcionários e as responsabilidades atribuídas ao gerenciamento de resíduos, a Figura 4 mostra que as respostas foram inconsistentes segundo o relatório do projeto, reforçando a falta de consenso sobre quem deveria ser responsável pela gestão de resíduos em cada loja. Além disso, o número de funcionários nas unidades envolvidos na gestão variou amplamente, de 2 a 500. Essa resposta, novamente, sugeriu aos pesquisadores haver falta de compreensão do respondente sobre o tema. A Figura 5 apresenta os resultados das demais questões formuladas no bloco A.

Figura 5 - Resultados do Bloco A do roteiro qualitativo

**A1. Resultado Bloco A, Q4, Q5, Q6:**

- Não há um padrão de horários que deve atender as peculiaridade de cada região.
- Não há um padrão de setores para atender as peculiaridade de cada região;
- Não ficou claro se haveria área ou interesse para possível compostagem local.

| Loja Rede | Loja 1 - SP | Loja 2 - SP | Loja 3 - MG | Não identificada |
|---|---|---|---|---|
| **Q4. Dias e Horários de comércio?** | 07:00 às 22:00 | Segunda a Sábado das 07:00 às 22:00 Domingo e feriados 08:00 às 20:00 | Segunda a Sábado das 07:00 às 22:00 Domingo e feriados 08:00 às 18:00 | Segunda a Sábado das 07:00 às 22:00 Domingo e feriados 08:00 às 18:00 |
| **Q5. Quantos e quais setores presentes na Loja?** | 10 setores | 8 setores: Administrativo, Mercearia. Pereciveis, FLV, Cafeteria, Refeitório, Depósito, Recebimento. | 6 setores: FLV, Refeitório, Pereciveis, Mercearia, Depósito e Limpeza | 6 setores: FLV, Pereciveis,Cozinha, Cafeteria, Mercearia e Administrativo |
| **Q6. Área do estacionamento? Áreas disponíveis para compostagem ou outras atividades dessa natureza?** | 28 vagas de estacionamento<br>- | 535 vagas de estacionamento<br>- | 6247 m²<br>Não há espaço para implantar compostagem | 4000 m²<br>Sim, Fundo de loja |

Fonte: UFRGS-NIPROS, 2021 b

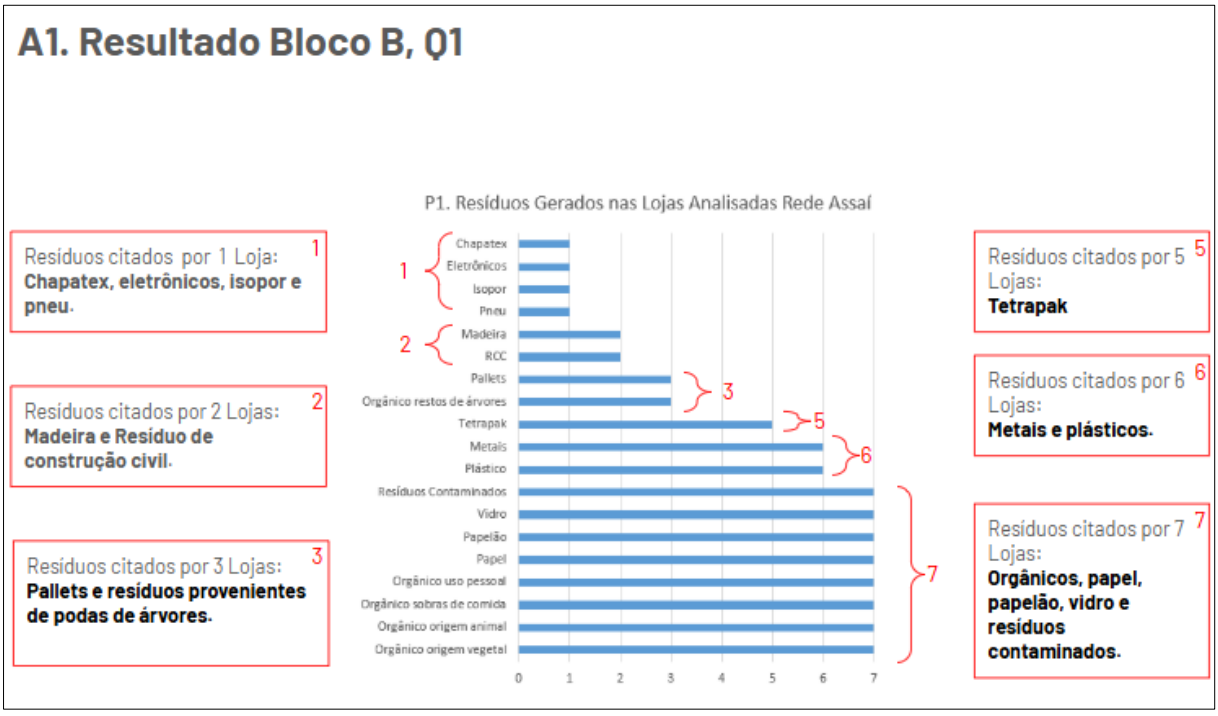
Os pesquisadores do NIProS entenderam que seria necessário realizar estudos adicionais para avaliar se o horário de funcionamento das lojas influenciava na quantidade de resíduos gerados. No entanto, uma possível estratégia imediata seria

padronizar a segregação de resíduos nos setores mais comuns, como mercearia, FLV (frutas, legumes e verduras) e perecíveis, o que poderia melhorar significativamente a eficiência na separação.

Quanto ao uso de áreas internas para estratégias como compostagem, observou-se que os espaços disponíveis nas lojas geralmente eram utilizados para estacionamento ou ficavam localizados nos fundos. Portanto, seria essencial realizar uma análise individualizada de cada unidade para identificar seu potencial de aproveitamento.

Considerando o Bloco B do questionário, os resíduos sólidos citados pelos respondentes nas lojas da REDE incluíram: resíduos orgânicos, plástico, papelão, vidro, papel, resíduos contaminados, metais, Tetra Pak®, pallets, resíduos de construção civil, madeira, pneus, isopor, eletrônicos e chapatex. Alguns respondentes não listaram todos os tipos de resíduos nas planilhas fornecidas, como resíduos de Tetra Pak®, o que requer verificação em estudos futuros. A Figura 6 demonstra os resíduos citados pelas 7 lojas e frequência de citação.

Figura 6 - Resultados da Q1 do Bloco B – Tipos de resíduos gerados nas lojas




Fonte: UFRGS-NIPROS, 2021 b

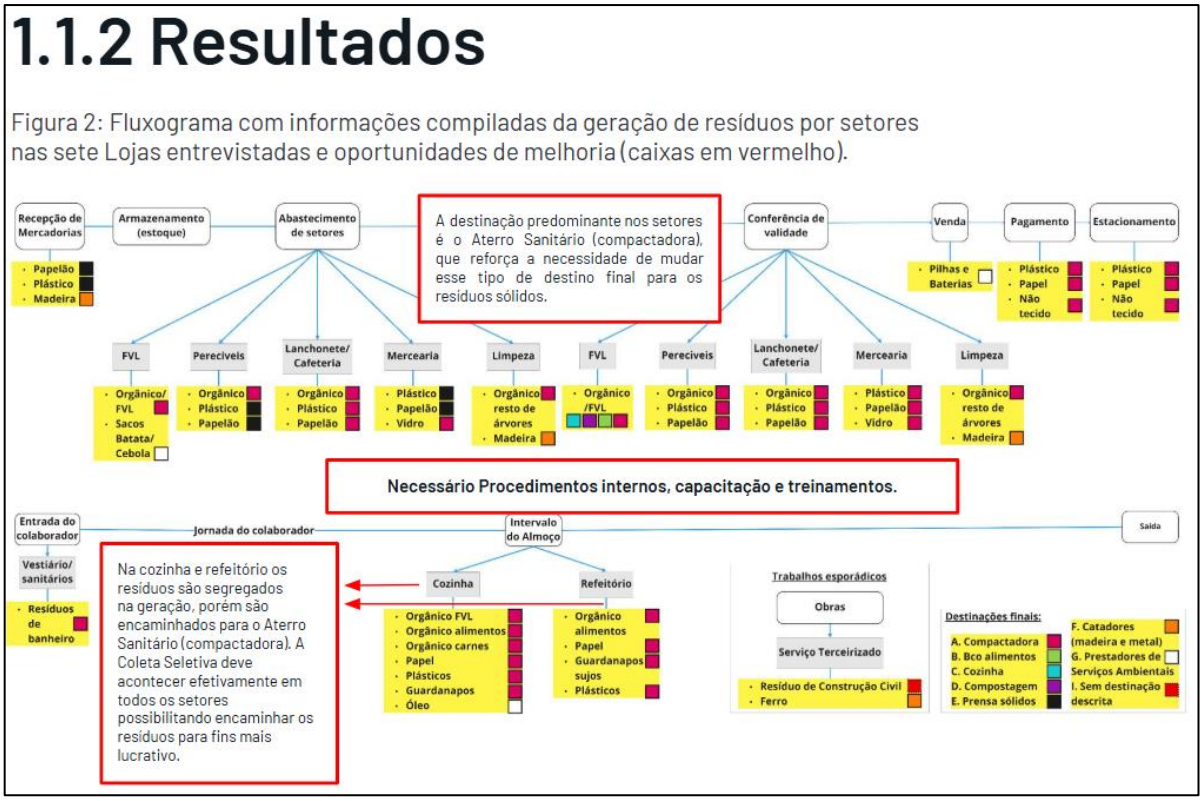
As visitas técnicas da equipe NIProS às 4 lojas junto às respostas do roteiro foram importantes para relacionar os resíduos com as áreas das lojas, conforme demonstra a Figura 6.

Estudos de Debastiani (2016) e Nass (2021) sobre a gestão de resíduos em supermercado apontam diversos tipos de resíduos levantados sejam duráveis e semiduráveis tendo o papelão com mais expressivo em termos percentuais e lâmpadas, por exemplo, em menor quantidade.

O mapeamento incluiu o fluxo de trabalho da loja, desde a recepção de mercadorias, passando pelas vendas até a saída do cliente pelo estacionamento. Da mesma forma, a equipe analisou **atividades da linha de visibilidade de fundo do serviço**, desde a entrada do colaborador até sua saída (Figura 7), visto que essas também geram resíduos diariamente (vestiários, refeitórios, etc.).

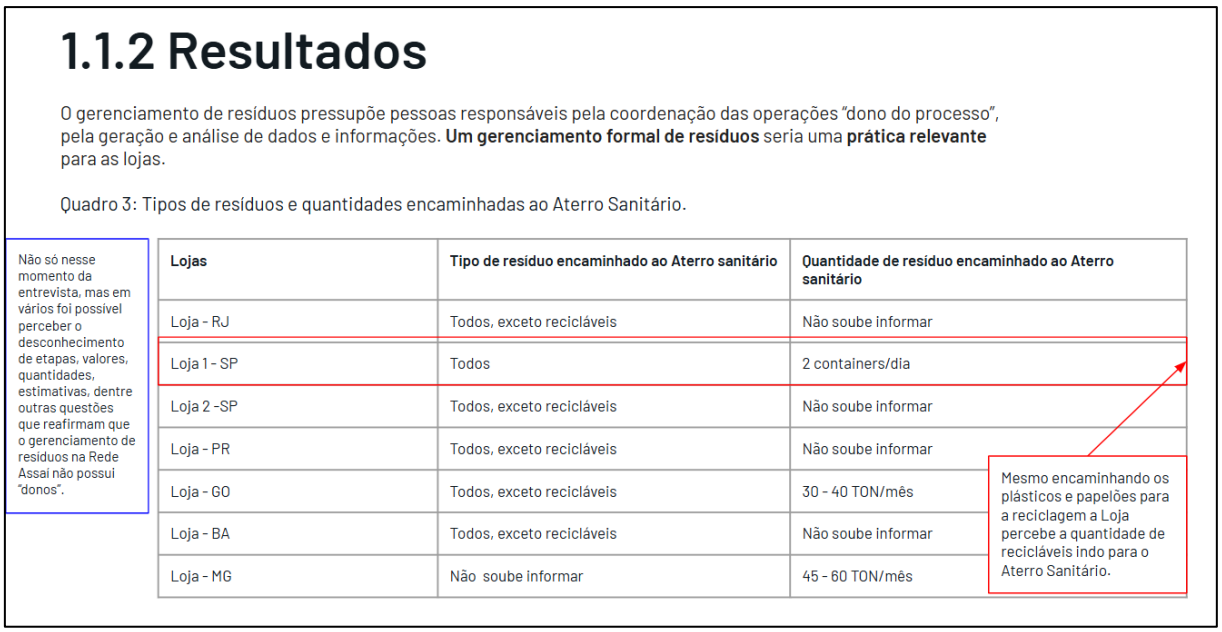
Embora os entrevistados tenham apontado o plástico e o papel como os resíduos predominantes (resposta à pergunta: qual material predomina nos resíduos), a análise da Figura 7 confirma essa percepção, mas inclui o resíduo orgânico. Supõe-se que os resíduos plásticos e papel costumam ser bastante volumosos e frequentemente lembrados como aqueles que mais predominam. Por essa razão é importante proceder análises quantitativas e gravimétricas dos resíduos nos grandes e pequenos geradores. Na Figura 8 se observa a falta de informação sobre quantitativos dos tipos de resíduos e quantitativos totais enviados pelas lojas para Aterro.

Figura 7 - Fluxograma com informações compiladas da geração de resíduos por setores nas sete lojas entrevistadas – Bloco B do questionário




Fonte: UFRGS-NIPROS, 2021 b

Figura 8 - Tipos de resíduos e quantitativos totais enviados pelas lojas para Aterro



## 1.1.2 Resultados

O gerenciamento de resíduos pressupõe pessoas responsáveis pela coordenação das operações "dono do processo", pela geração e análise de dados e informações. **Um gerenciamento formal de resíduos** seria uma **prática relevante** para as lojas.

Quadro 3: Tipos de resíduos e quantidades encaminhadas ao Aterro Sanitário.

Não só nesse momento da entrevista, mas em vários foi possível perceber o desconhecimento de etapas, valores, quantidades, estimativas, dentre outras questões que reafirmam que o gerenciamento de resíduos na Rede Assai não possui "donos".

| Lojas | Tipo de resíduo encaminhado ao Aterro sanitário | Quantidade de resíduo encaminhado ao Aterro sanitário |
|---|---|---|
| Loja - RJ | Todos, exceto recicláveis | Não soube informar |
| Loja 1 - SP | Todos | 2 containers/dia |
| Loja 2 -SP | Todos, exceto recicláveis | Não soube informar |
| Loja - PR | Todos, exceto recicláveis | Não soube informar |
| Loja - GO | Todos, exceto recicláveis | 30 - 40 TON/mês |
| Loja - BA | Todos, exceto recicláveis | Não soube informar |
| Loja - MG | Não soube informar | 45 - 60 TON/mês |

Mesmo encaminhando os plásticos e papelões para a reciclagem a Loja percebe a quantidade de recicláveis indo para o Aterro Sanitário.

Fonte: UFRGS-NIPROS, 2021 b

A base central para o planejamento de um projeto Aterro Zero ou Resíduo Zero é o pleno conhecimento dos quantitativos e tipos de resíduos gerados em uma instituição. Observou-se que nem todos os tipos de resíduos foram citados em todas

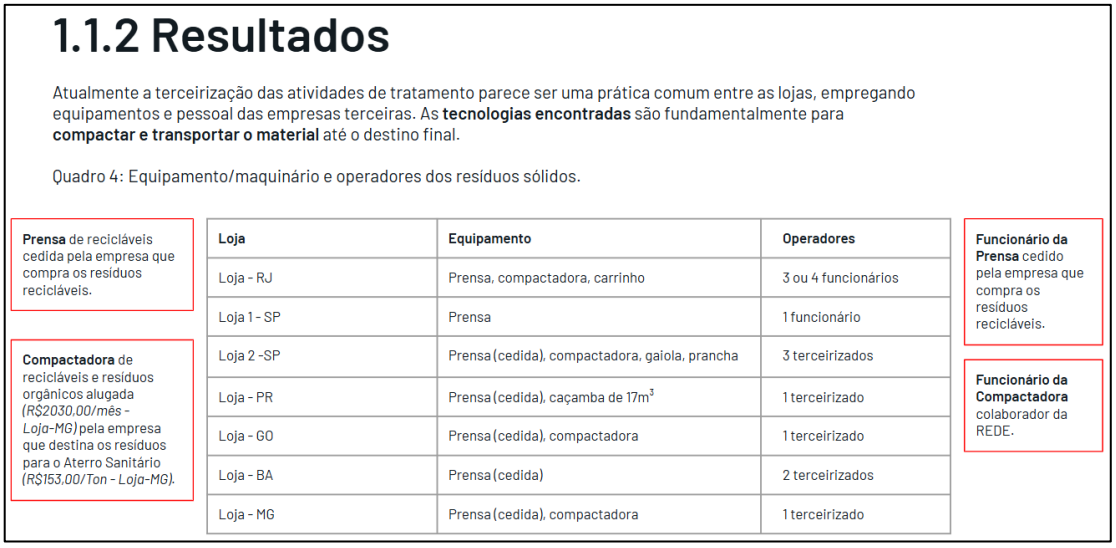
as lojas (ex. construção civil), o que indica que a gestão de resíduos precisa ser ajustada de acordo com as especificidades de cada unidade. A nomenclatura inconsistente entre os setores também dificultou a comunicação e análise dos dados.

O plástico foi identificado como o resíduo mais comum por todas as lojas, enquanto seis unidades mencionaram resíduos orgânicos. Os setores com maior geração de resíduos orgânicos foram FLV (setor de Frutas-Legumes-Verduras), cozinha/refeitório e abastecimento, enquanto mercearia, perecíveis, cafeteria, **quebra**[3] e banheiros geraram menores volumes de resíduos.

Os resíduos recicláveis, como papelão e plástico de embalagens secundárias, são prensados e agrupados em fardos adquiridos pela empresa fornecedora do equipamento e operador. No entanto, resíduos recicláveis de embalagens primárias, originados nos produtos **quebra**, são descartados na compactadora e enviados ao aterro, gerando custos com aluguel de equipamentos e destinação final.

Em relação ao Gerenciamento dos resíduos nas lojas, Bloco C do questionário, observou-se uma tendência à terceirização para empresas gestoras de resíduos, conforme mencionado (Figura 9).

Figura 9 - Tipos de tratamento dado aos resíduos pelas lojas para Aterro, equipamentos e operadores



## 1.1.2 Resultados

Atualmente a terceirização das atividades de tratamento parece ser uma prática comum entre as lojas, empregando equipamentos e pessoal das empresas terceiras. As **tecnologias encontradas** são fundamentalmente para **compactar e transportar o material** até o destino final.

Quadro 4: Equipamento/maquinário e operadores dos resíduos sólidos.

**Prensa** de recicláveis cedida pela empresa que compra os resíduos recicláveis.

**Compactadora** de recicláveis e resíduos orgânicos alugada *(R$2030,00/mês - Loja-MG)* pela empresa que destina os resíduos para o Aterro Sanitário *(R$153,00/Ton - Loja-MG)*.

| Loja | Equipamento | Operadores |
|---|---|---|
| Loja - RJ | Prensa, compactadora, carrinho | 3 ou 4 funcionários |
| Loja 1 - SP | Prensa | 1 funcionário |
| Loja 2 -SP | Prensa (cedida), compactadora, gaiola, prancha | 3 terceirizados |
| Loja - PR | Prensa (cedida), caçamba de 17m³ | 1 terceirizado |
| Loja - GO | Prensa (cedida), compactadora | 1 terceirizado |
| Loja - BA | Prensa (cedida) | 2 terceirizados |
| Loja - MG | Prensa (cedida), compactadora | 1 terceirizado |

**Funcionário da Prensa** cedido pela empresa que compra os resíduos recicláveis.

**Funcionário da Compactadora** colaborador da REDE.

Fonte: UFRGS-NIPROS, 2021 b

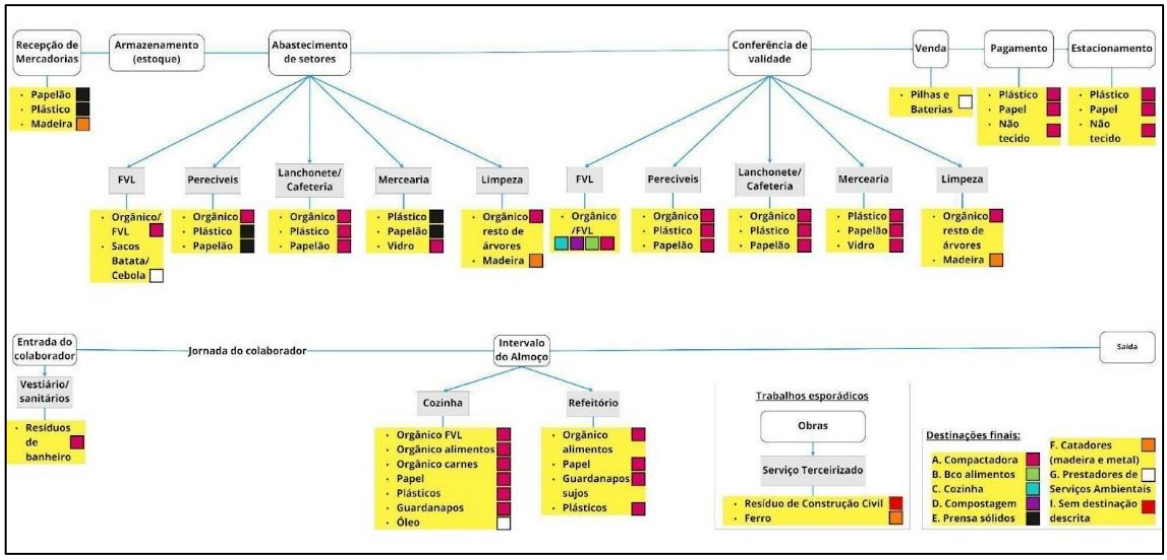
O fluxograma da Figura 10 (que ilustra a gestão dos resíduos sólidos em dois caminhos: o da mercadoria, desde o recebimento até a venda, e o do colaborador) revela os setores geradores de resíduos, os tipos gerados e suas respectivas

[3] Respondentes mencionaram a expressão quebra como um setor, mas trata-se de produtos que perderam prazo de validade ou realmente sofreram avarias ou violações durante as operações devendo ser descartados.

destinações, com diferentes cores representando os destinos dos resíduos. A maioria dos resíduos é encaminhada para a caçamba compactadora e, consequentemente, para o aterro sanitário. A principal operação realizada nas lojas é a prensagem do material, conforme se observa na Figura 10.

Para alcançar a meta do Aterro Zero, é necessário implementar intervenções em todos os setores, estabelecer procedimentos internos claros e promover a capacitação contínua dos colaboradores. Segundo a equipe do NIProS®, atualmente, a segregação de resíduos ocorre apenas nos refeitórios, onde são utilizados coletores e sinalizações. Após a quantificação, os resíduos são misturados e enviados à compactadora.

Figura 10 - Fluxograma com informações compiladas da geração de resíduos por setores nas sete lojas entrevistadas.



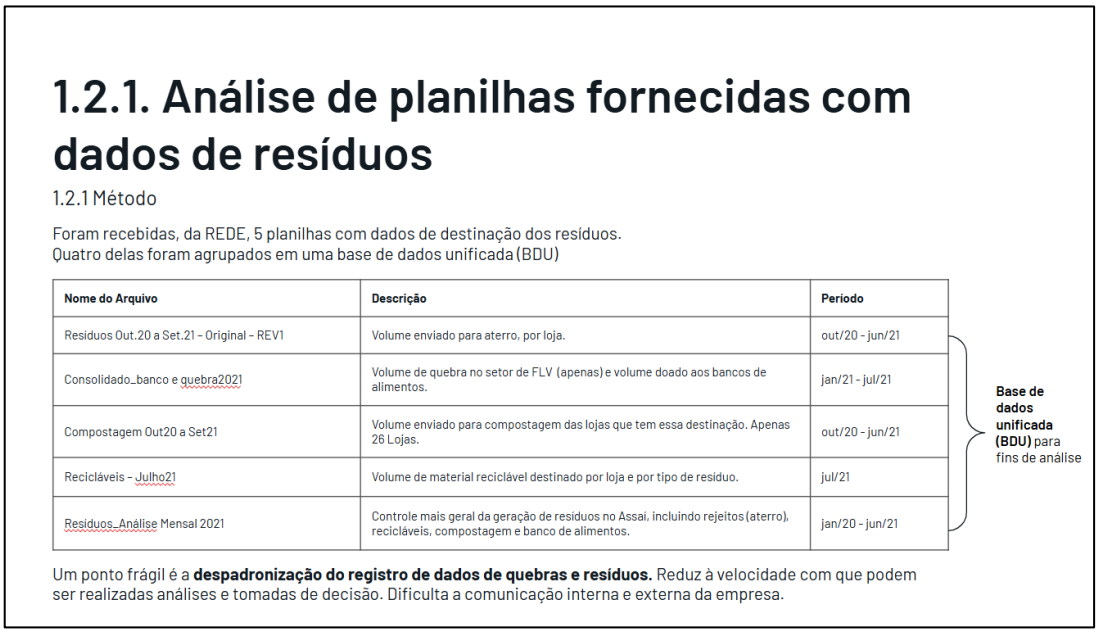

Fonte: UFRGS-NIPROS, 2021 b

Para melhorar o processo, seria ideal expandir a coleta seletiva para todos os setores, direcionando os resíduos para destinações mais vantajosas, tanto do ponto de vista econômico quanto socioambiental.

### *3.4.1.2 Análise qualitativa e quantitativa dos resíduos*

A REDE forneceu cinco planilhas detalhadas contendo dados sobre os resíduos sólidos gerados nas lojas, que foram organizados em um arquivo denominado Base de Dados Única (BDU) (Figura 11).

Figura 11 - Nomes dos arquivos, descrições e períodos



## 1.2.1. Análise de planilhas fornecidas com dados de resíduos

1.2.1 Método

Foram recebidas, da REDE, 5 planilhas com dados de destinação dos resíduos.
Quatro delas foram agrupados em uma base de dados unificada (BDU)

| Nome do Arquivo | Descrição | Período |
|---|---|---|
| Resíduos Out.20 a Set.21 – Original – REV1 | Volume enviado para aterro, por loja. | out/20 - jun/21 |
| Consolidado_banco e quebra2021 | Volume de quebra no setor de FLV (apenas) e volume doado aos bancos de alimentos. | jan/21 - jul/21 |
| Compostagem Out20 a Set21 | Volume enviado para compostagem das lojas que tem essa destinação. Apenas 26 Lojas. | out/20 - jun/21 |
| Recicláveis – Julho21 | Volume de material reciclável destinado por loja e por tipo de resíduo. | jul/21 |
| Resíduos_Análise Mensal 2021 | Controle mais geral da geração de resíduos no Assaí, incluindo rejeitos (aterro), recicláveis, compostagem e banco de alimentos. | jan/20 - jun/21 |

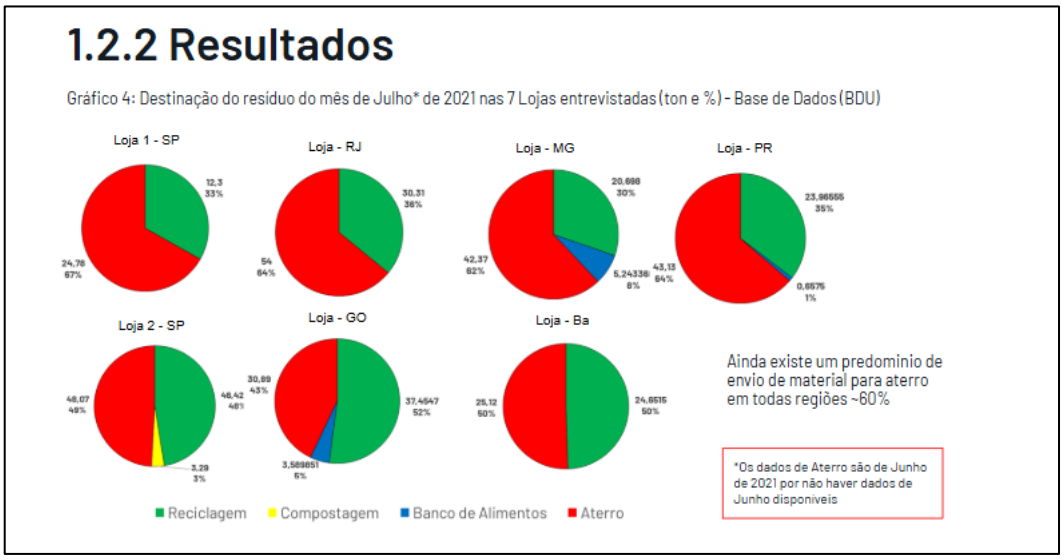
**Base de dados unificada (BDU)** para fins de análise

Um ponto frágil é a **despadronização do registro de dados de quebras e resíduos.** Reduz à velocidade com que podem ser realizadas análises e tomadas de decisão. Dificulta a comunicação interna e externa da empresa.

Fonte: UFRGS-NIPROS, 2021 b

Os dados mostraram as estratégias de destinação dos resíduos nas 7 lojas estudadas (Figura 12). Em relação à distribuição dos resíduos, observou-se que, em junho de 2021, aproximadamente 60% dos resíduos gerados foram encaminhados para aterros em todas as regiões, sem evidência de influência sazonal significativa. Contudo, o texto sugere que estudos mais aprofundados poderiam ajudar a entender melhor as razões por trás dessa tendência, possivelmente considerando fatores como variação nos tipos de resíduos gerados e práticas de gestão.

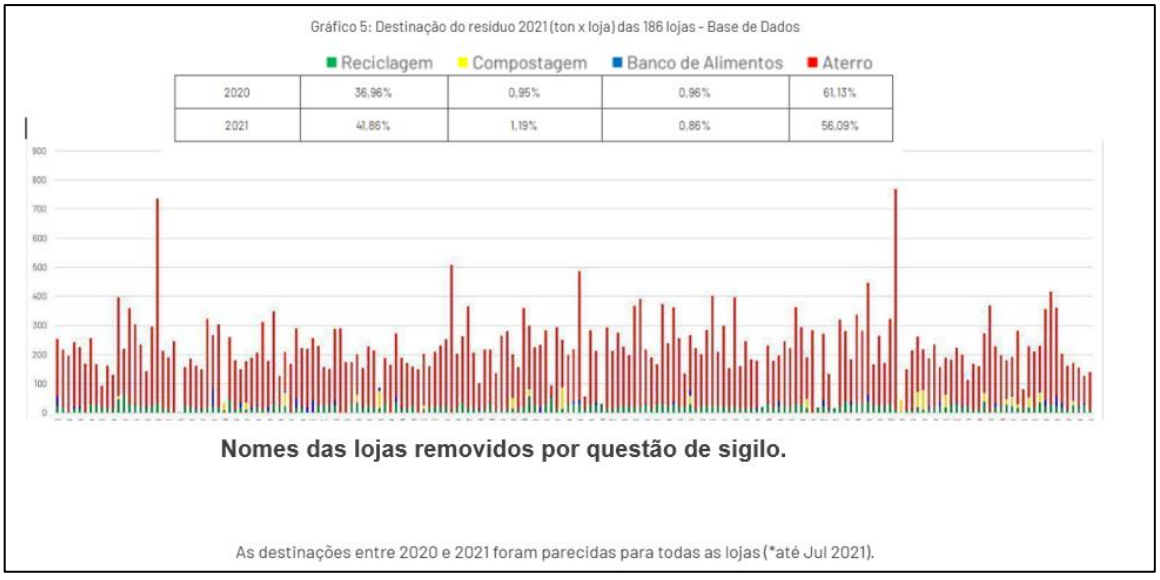
Figura 12 - Estratégias de destinação dos resíduos das 7 lojas – mês de julho 2021




Fonte: UFRGS-NIPROS, 2021b

A análise desses dados foi complementada por gráficos que mostram o volume de resíduos por destino, mês e loja, proporcionando uma visão detalhada da geração de resíduos nas 186 lojas (Figura 13). A análise do banco de dados revelou que o total de resíduos gerados no ano de 2021 pelas 186 lojas foi de 126.634 t/ano. Deste montante, 50.329 t (~40%) haviam sido recicladas e 70.305 t (~60%) haviam sido destinadas a aterro.

Figura 13 - Destinação de resíduos 186 lojas – anos 2020 e 2021




Fonte: UFRGS-NIPROS, 2021b

A prática de compostagem foi predominante nas lojas do estado de São Paulo. Um aspecto crítico da análise quantitativa foi a falta de padronização de dados e nomenclatura entre as 186 lojas. Essa análise mostra uma abordagem quantitativa e visual para entender a gestão de resíduos, destacando aspectos importantes, como a

necessidade de centralização dos dados, a comparação entre diferentes lojas e cidades, e a observação de padrões de destino dos resíduos.

3.4.1.2.1 Análise desagregada dos dados de quebra de uma loja da REDE

Visando trabalhar de forma desagregada as informações sobre os materiais provenientes de avarias, perda de prazo de validade ou violação (quebras) os dados de uma loja referência da REDE no estado de São Paulo foram analisados de forma sistemática e estruturada. Para fins de definição da destinação de cada produto descartado na quebra é necessário saber sua composição. Desta forma, o objetivo central da análise era:

> *"quantificar os tipos de quebra, avaliar a natureza dos produtos descartados (orgânica e inorgânica), a quantidade de cada tipo de produto que foi descartado e a existência de materiais plásticos, papéis, metálicos e outros que pudessem ser tratados ao invés de enviados para aterro" (UFRGS-NIPROS, 2021b).*

Podem ser listadas limitações que a falta de padrões de dados trouxe para esta análise:

- descrição do produto - na mesma coluna vinham quatro informações diferentes: produto/marca, quantidade (unidades), peso e unidade de medida;
- solução dada ao produto avariado - primeiramente estas informações foram desmembradas. Salienta-se que nem todas as informações foram separadas automaticamente, pois as informações são apresentadas de forma diferente conforme a natureza do produto.
- o documento recebido continha 262.436 linhas de informações de produtos. Esse número se deve ao fato de um mesmo item tem mais de uma apresentação comercial ou marca, por exemplo: Coca-Cola 1,5 L; Coca-Cola 2,0 L; Açucar refinado Da Barra 1 kg; Açucar refinado União 1 Kg; e assim sucessivamente (Figura 14);
- sugestão para classificações futuras - sugere-se que essa coluna **Descrição do produto** que atualmente é obtida por um código de barras seja alterada para que na coleta desse código de barra para o banco de dados sejam separadas automaticamente os campos **produto/marca, quantidade (unidades), peso e unidade de medida**.

Utilizando uma planilha eletrônica no Excel (Figura 14), os dados foram categorizados por loja, setor, descrição do produto, código de operação, categoria de

**quebra**, quantidade de movimento, custo unitário do produto e valor do movimento. O objetivo principal dessa análise foi quantificar os diferentes tipos de avarias, avaliar a natureza dos produtos descartados (se orgânicos ou inorgânicos), identificar as quantidades descartadas por tipo de produto e, além disso, detectar materiais que poderiam ser descaracterizados para reciclagem (ter seus conteúdos separados de embalagens primárias, secundárias ou outras) antes de serem destinados à reciclagem ou enviados para aterros sanitários.

Figura 14 – Tela inicial da planilha Excel do arquivo recebido

| C | D | E | F | G | H | I | J | K | L | M |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Categorias | Dia | Mês | Ano | Produto | Descrição do Produto | CGO | NOME CGO | Quantidade de Movimento | Custo Unitário | Valor de Movimento |
| BEBIDAS | 02/01/2020 | Janeiro | 2020 | 6806 | REFRIG COCA COLA 350ML | 334 | AVARIA OPERACIONAL | 105,00 | 2,32 | 243,93 |
| PERECIVEIS | 02/01/2020 | Janeiro | 2020 | 4372 | CAR BOV SALG TRAS KG | 334 | AVARIA OPERACIONAL | 4,96 | 28,52 | 141,51 |
| PERECIVEIS | 02/01/2020 | Janeiro | 2020 | 8952 | LEITE LV INT JUSSARA 1LT | 334 | AVARIA OPERACIONAL | 46,00 | 2,44 | 112,13 |
| BAZAR | 02/01/2020 | Janeiro | 2020 | 1096198 | CAIXA TERMICA GARDEN LIFE 34LT | 334 | AVARIA OPERACIONAL | 3,00 | 33,25 | 99,75 |
| PERECIVEIS | 02/01/2020 | Janeiro | 2020 | 1030208 | CAR BOV RESF FRIBOI CUPIM KG | 334 | AVARIA OPERACIONAL | 5,09 | 17,99 | 91,66 |
| PERECIVEIS | 02/01/2020 | Janeiro | 2020 | 1030218 | CAR BOV RESF FRIBOI PICANHA KG | 334 | AVARIA OPERACIONAL | 1,82 | 43,84 | 79,87 |
| PERECIVEIS | 02/01/2020 | Janeiro | 2020 | 1030125 | CAR BOV RESF FRIBOI COXAO DURO KG | 334 | AVARIA OPERACIONAL | 3,55 | 19,42 | 68,90 |
| MERCEARIA | 02/01/2020 | Janeiro | 2020 | 2635 | ARROZ NAMORADO LF TI 5KG | 334 | AVARIA OPERACIONAL | 6,00 | 10,75 | 64,47 |
| PERECIVEIS | 02/01/2020 | Janeiro | 2020 | 99910 | LEITE LV INT ITALAC 1LT CT | 334 | AVARIA OPERACIONAL | 25,00 | 2,38 | 59,53 |
| MERCEARIA | 02/01/2020 | Janeiro | 2020 | 6138 | MISTURA P/PAO FRANCES NITA MIX 25KG | 334 | AVARIA OPERACIONAL | 1,00 | 58,17 | 58,17 |
| MERCEARIA | 02/01/2020 | Janeiro | 2020 | 2186 | ARROZ PRATO FINO TI 5KG | 334 | AVARIA OPERACIONAL | 4,00 | 13,41 | 53,64 |
| PERECIVEIS | 02/01/2020 | Janeiro | 2020 | 1030216 | CAR BOV RESF FRIBOI PEITO FRAC KG | 334 | AVARIA OPERACIONAL | 2,88 | 16,94 | 48,85 |
| PERECIVEIS | 02/01/2020 | Janeiro | 2020 | 1030210 | CAR BOV RESF FRIBOI FRALDINHA KG | 334 | AVARIA OPERACIONAL | 2,02 | 24,07 | 48,63 |
| MERCEARIA | 02/01/2020 | Janeiro | 2020 | 804 | ARROZ CAMIL LF T1 5KG | 334 | AVARIA OPERACIONAL | 4,00 | 12,09 | 48,37 |
| BEBIDAS | 02/01/2020 | Janeiro | 2020 | 86328 | BEB ENERGETICA VIBE PET 2LT | 334 | AVARIA OPERACIONAL | 7,00 | 5,90 | 41,29 |
| PERECIVEIS | 02/01/2020 | Janeiro | 2020 | 92885 | BANHA AURORA 1KG | 334 | AVARIA OPERACIONAL | 8,00 | 4,85 | 38,78 |
| PERECIVEIS | 02/01/2020 | Janeiro | 2020 | 1030124 | CAR BOV RESF FRIBOI COXAO DURO FRAC KG | 334 | AVARIA OPERACIONAL | 1,59 | 23,85 | 37,87 |
| PERECIVEIS | 02/01/2020 | Janeiro | 2020 | 1030217 | CAR BOV RESF ANGLO PICANHA FAT KG | 334 | AVARIA OPERACIONAL | 1,27 | 28,43 | 36,00 |
| PERECIVEIS | 02/01/2020 | Janeiro | 2020 | 1033389 | CAR BOV RESF FRIBOI CONTRA FILE FRA | 334 | AVARIA OPERACIONAL | 0,99 | 34,52 | 34,31 |
| BEBIDAS | 02/01/2020 | Janeiro | 2020 | 6752 | REFRIG COCA COLA 600ML | 334 | AVARIA OPERACIONAL | 9,00 | 3,36 | 30,26 |
| PERECIVEIS | 02/01/2020 | Janeiro | 2020 | 10792 | RICOTA FRESCA TIROLEZ KG | 334 | AVARIA OPERACIONAL | 3,35 | 8,97 | 30,08 |
| PERECIVEIS | 02/01/2020 | Janeiro | 2020 | 1030249 | CAR BOV RESF FRIBOI ACEM FRAC KG | 334 | AVARIA OPERACIONAL | 1,74 | 16,74 | 29,19 |

Fonte: UFRGS-NIPROS, 2021b

Com base nos dados coletados foi realizada uma análise detalhada dos setores das lojas, permitindo destinar adequadamente cada tipo de resíduo. Para isso, uma nova categorização foi criada, conforme ilustrado na Figura 15. Com a ajuda de um especialista, foram identificados os tipos de materiais de embalagem de cada produto da **quebra**, e esses dados foram incorporados em uma matriz binária no banco de dados, indicando a presença de diferentes materiais (papel, plástico, vidro, metal e multicamadas).

Figura 15 – Categorias sugeridas e descrições dos itens de quebra classificados

| Detalhamento da composição | Categoria proposta para composição da quebra |
|---|---|
| Frutas, verduras e legumes com embalagem (bandejas, sacos plásticos...) | ALIMENTOS IN NATURA C/ EMB |
| Frutas, verduras e legumes sem embalagem | ALIMENTO IN NATURA S/ EMBALAGEM |
| Todo "resíduo seco reciclável", ex: papel, plastico, eletronicos... | RECICLÁVEIS |
| Congelados, conservas, maionese, massas... | ORG PROC |
| Leites e derivados como creme de leite, manteiga, iogurtes | LATICÍNIOS |
| Carnes | CARNES |
| Materiais de limpeza e cosméticos. Inclui liquidos, semi-solidos e sólidos (ex. sabonetes) | LIMP/COSM |

| Detalhamento da composição | Categoria proposta para composição da quebra |
|---|---|
| Todo produto liquido alimentício, exceto laticínios, ex: azeite e óleos | BEBIDAS |
| Fraldas, absorventes, fio dental | ABSORVENTES |
| Tecidos e não tecidos, ex: avental, panos de chão... | TECIDOS |
| Ovos | OVOS |
| Vasos com flores e folhagens | PLANTAS |
| Colas e adesivos | COLAS |
| Velas | VELAS |
| Pilhas e baterias | PERIGOSOS |

Fonte: UFRGS-NIPROS, 2021b

O propósito desta descrição detalhada seria o de quantificar o montante destes materiais das embalagens para fins de destinação correta e possibilidade de venda do resíduo, de forma a trazer uma receita adicional ao processo de gestão de resíduos.

Após a quantificação foram atribuídos valores monetários com base na média brasileira de venda de compostagem por tonelada para os resíduos orgânicos. Da mesma forma foram usados dados de comercialização dos demais resíduos (papel, vidro, plásticos, metais, madeira e outros), a fim de estimar o valor de mercado das embalagens recicláveis.

Segundo a equipe de projeto, esta foi uma etapa crítica, conforme mencionado pela pesquisadora responsável pela análise destes materiais:

> *"(...) as embalagens não costumam trazer a massa de material presente ali. Por exemplo, 1 kg de feijão está ensacado em uma embalagem de polietileno de baixa densidade. Qual é a massa da embalagem? Os rótulos descrevem a massa do conteúdo (feijão, no caso) mas não a massa de polietileno existente naquele saco. Para poder estimar a quantidade de resíduos existentes nas 126.634 t de resíduos da REDE foi necessário muitas vezes realizar pequenas medições aproximadas da massa de material que haveria naquele produto. Na minha opinião, as empresas deveriam ser obrigadas a descrever qual é o tipo de material e a massa de papel, plástico, metal, etc, que estão naquela embalagem primária ou secundária (pesquisadora responsável por organizar os dados gravimétricos dos materiais presentes nos resíduos analisados)"*

Da mesma forma, a pesquisadora responsável por elaborar o dashboard apontou as muitas dificuldades para análise dos dados estatisticamente.

> *"(...) Cada item do banco de dados foi ainda analisado por um especialista que descreveu o tipo de material de embalagem que poderia estar presente, de acordo com sua natureza. A gente teve que trabalhar em equipe. Eu organizava o banco de dados, outro pesada as embalagens para trazer informações da massa; outro me ajudava a padronizar as descrições dos produtos. Nem as descrições eram uniformes, os setores do supermercado cadastravam os*

> *produtos de forma diferente (estatística responsável pela elaboração de um dashboard da Loja estudada).*

Na percepção do coordenador do projeto, deveria haver uma padronização de dados não somente nas lojas desta REDE mas em qualquer supermercado de uma cidade.

> *(...) Assim foi possível discriminar com precisão moderada a existência de embalagem plástica, papel, metal, multicamada em cada item. Dadas as limitações de tempo e dificuldades de se trabalhar com o grande volume de dados, entendemos que a descrição do tipo de material não foi exaustiva, portanto, e por isso teve moderado nível de precisão. Para uma análise precisa, seria necessário reestruturar o banco de dados de quebra. A gente chegou à conclusão de que a existência do tipo de material de embalagem seja uma informação essencial para evolução de estudos de destinação a Aterro Zero, não somente nas lojas desta REDE, mas também em outras empresas,... todo supermercado deveria ter o mesmo padrão, senão fica impossível dimensionar o que está acontecendo numa cidade, por exemplo" (coordenador do projeto).*

Foi acrescido ao banco de dados uma matriz binária (presença/ausência) dos seguintes componentes: papel, plástico, vidro, metal e multicamadas. Na sequência foram associadas as massas relativas às embalagens dos produtos, de acordo com a categoria à qual pertencia (orgânicos, bebidas, etc.).

Juntamente com a nova categoria foi possível estabelecer um ranking dos tipos de embalagens mais frequentes como garrafas, bandejas de isopor, latas, filmes de PVC, para serem pesados e obter a composição gravimétrica dos materiais de embalagem. Na etapa final foram atribuídos valores monetários em reais (R$), nestas mesmas categorias da matriz binária, de acordo com uma média brasileira de venda desses materiais segundo o tipo de tratamento: ex: média brasileira do valor de compostagem/tonelada em R$. Por fim, para gerar os cruzamentos necessários foi realizada a inclusão dessas novas colunas com informações complementares totalizando 39 colunas (Figura 16).

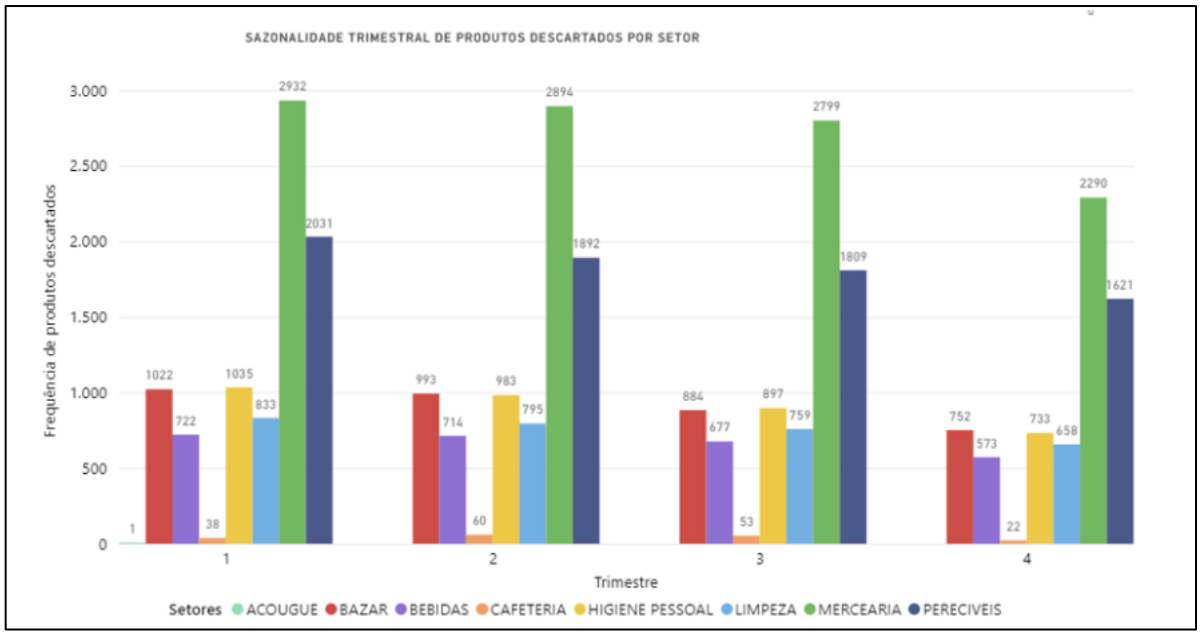
Figura 16 - Representação de parte do novo banco de dados para fins de análises estatísticas e criação do Dashboard

| ID_BD | Nível 1 | Dia | DESCRIÇÃO | Classificação Hél | plastico | meta | vidro | papel | multicamadas | qtd_dentro_total (KG) | qtd_dentro_total (VOLUME) | qtd_dentro_tot (Unidade) |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 1 | BEBIDAS | 02/01/2020 | REFRIG COCA COLA 350ML | BEBIDAS | 0 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 36,75 | 105 |
| 2 | PERECIVEIS | 02/01/2020 | CAR BOV SALG TRAS KG | CARNES | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 4,962 | 0,00 | 4,962 |
| 3 | PERECIVEIS | 02/01/2020 | LEITE LV INT JUSSARA 1LT | LATICÍNIOS | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 46,00 | 46 |
| 4 | BAZAR | 02/01/2020 | CAIXA TERMICA GARDEN LIFE 34LT | RECICLÁVEIS | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0,00 | 3 |
| 5 | PERECIVEIS | 02/01/2020 | CAR BOV RESF FRIBOI CUPIM KG | CARNES | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 5,094 | 0,00 | 5,094 |
| 6 | PERECIVEIS | 02/01/2020 | CAR BOV RESF FRIBOI PICANHA KG | CARNES | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1,822 | 0,00 | 1,822 |
| 7 | PERECIVEIS | 02/01/2020 | CAR BOV RESF FRIBOI COXAO DURO KG | CARNES | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 3,548 | 0,00 | 3,548 |
| 8 | MERCEARIA | 02/01/2020 | ARROZ NAMORADO LF TI 5KG | IN NATURA C/EMB. | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 30 | 0,00 | 6 |
| 9 | PERECIVEIS | 02/01/2020 | LEITE LV INT ITALAC 1LT CT | LATICÍNIOS | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 25,00 | 25 |
| 10 | MERCEARIA | 02/01/2020 | MISTURA P/PAO FRANCES NITA MIX 25KG | ORG PROC | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 25 | 0,00 | 1 |
| 11 | MERCEARIA | 02/01/2020 | ARROZ PRATO FINO TI 5KG | IN NATURA C/EMB. | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 20 | 0,00 | 4 |
| 12 | PERECIVEIS | 02/01/2020 | CAR BOV RESF FRIBOI PEITO FRAC KG | CARNES | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 2,884 | 0,00 | 2,884 |
| 13 | PERECIVEIS | 02/01/2020 | CAR BOV RESF FRIBOI FRALDINHA KG | CARNES | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 2,02 | 0,00 | 2,02 |
| 14 | MERCEARIA | 02/01/2020 | ARROZ CAMIL LF T1 5KG | IN NATURA C/EMB. | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 20 | 0,00 | 4 |
| 15 | BEBIDAS | 02/01/2020 | BEB ENERGETICA VIBE PET 2LT | BEBIDAS | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 14,00 | 7 |
| 16 | PERECIVEIS | 02/01/2020 | BANHA AURORA 1KG | CARNES | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 8 | 0,00 | 8 |
| 17 | PERECIVEIS | 02/01/2020 | CAR BOV RESF FRIBOI COXAO DURO FRAC KG | CARNES | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1,588 | 0,00 | 1,588 |
| 18 | PERECIVEIS | 02/01/2020 | CAR BOV RESF ANGLO PICANHA FAT KG | CARNES | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1,266 | 0,00 | 1,266 |
| 19 | PERECIVEIS | 02/01/2020 | CAR BOV RESF FRIBOI CONTRA FILE FRA | CARNES | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0,994 | 0,00 | 0,994 |
| 20 | BEBIDAS | 02/01/2020 | REFRIG COCA COLA 600ML | BEBIDAS | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 5,40 | 9 |
| 21 | PERECIVEIS | 02/01/2020 | RICOTA FRESCA TIROLEZ KG | ORG PROC | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 3,354 | 0,00 | 3,354 |
| 22 | PERECIVEIS | 02/01/2020 | CAR BOV RESF FRIBOI ACEM FRAC KG | CARNES | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1,744 | 0,00 | 1,744 |
| 23 | BEBIDAS | 02/01/2020 | CERVEJA ITAIPAVA PILSEN 269ML | BEBIDAS | 0 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 4,30 | 16 |
| 24 | HIGIENE PESSOAL | 02/01/2020 | FRALDA POM POM PROTEK 12H MEGA C/40 G | ABSORVENTES | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0,00 | 40 |
| 25 | HIGIENE PESSOAL | 02/01/2020 | FRALDA POM POM PROTEK 12H MEGA C/36 XG | ABSORVENTES | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0,00 | 36 |

Fonte: UFRGS-NIPROS, 2021b

Esses cálculos auxiliam os gestores na tomada de decisões estratégicas, permitindo não apenas reduzir desperdícios, mas também gerar valor a partir da reciclagem de materiais. A Figura 17 demonstra a sazonalidade trimestral de produtos descartados na quebra por setor da Loja de referência (SP) da REDE nos anos 2020 e 2021.

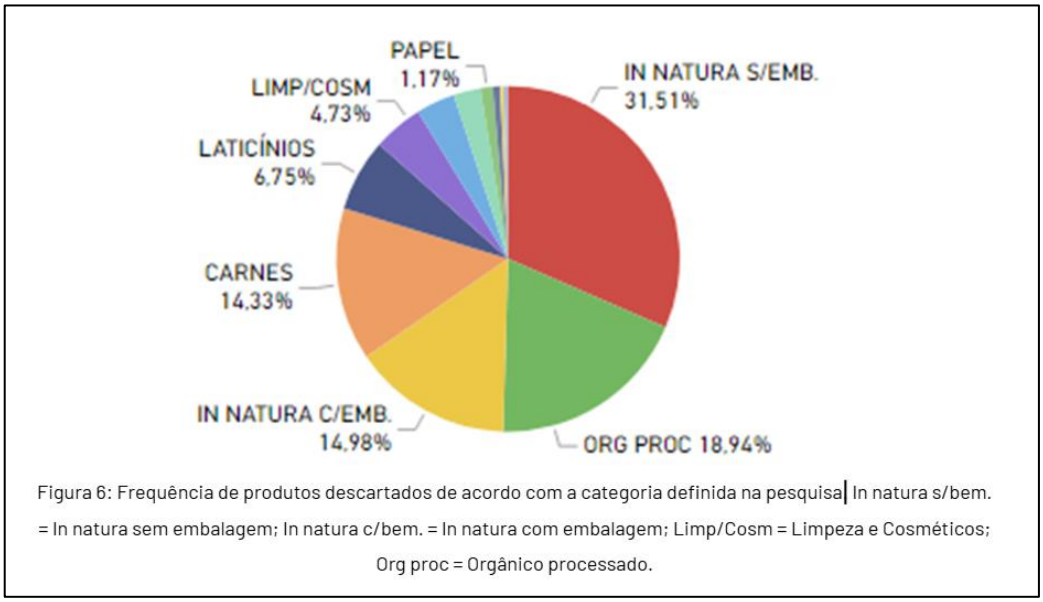
Figura 17 - Sazonalidade trimestral de produtos descartados na quebra por setor da Loja de referência (SP) nos anos de 2020 e 2021.




Fonte: UFRGS-NIPROS, 2021b

A partir da classificação da Figura 18, de **acordo com o produto,** foi observado que a maioria dos produtos descartados pertencem às categorias ***in natura* sem embalagem** com 31,51% seguido de **Orgânico processado** com 18,94% e ***in natura* com embalagem** com 14,98%.

Figura 18 - Frequência de produtos descartados de acordo com a categoria definida na pesquisa




Fonte: UFRGS-NIPROS, 2021b

Também se verificou que o orgânico processado lidera o ranking com a quantidade de tipos de produtos descartados (3665 itens), isto é, produtos discriminados como diferentes entre si (Figura 19). No entanto, pode-se observar que embora os produtos orgânicos processados contem com a maior variedade de itens diferentes descartados, o maior valor monetário perdido é da categoria de produto ***in natura* sem embalagem** (alimentos *in natura*) com o valor de R$ 1.418.291,79.

Figura 19 - Quantidade de produtos por categoria e valor monetário perdido para Loja de SP da REDE

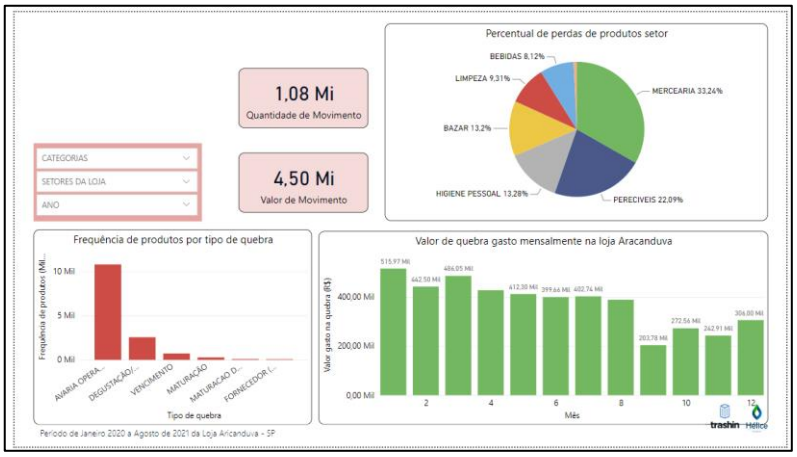
| CATEGORIA | QUANTIDADE DE PRODUTOS DESCARTADOS | % SOBRE O TOTAL DA QUANTIDADE | VALOR MONETÁRIO PERDIDO |
|---|---|---|---|
| Orgânico processado | 3665 | 32,16% | R$ 852.365,50 |
| Limpeza/cosmético | 2216 | 19,45% | R$ 212.738,24 |
| Recicláveis | 1242 | 10,90% | R$ 114.274,20 |
| Laticínios | 1062 | 9,32% | R$ 304.006,53 |
| Bebidas | 968 | 8,49% | R$ 163.746,51 |
| Carnes | 910 | 7,99% | R$ 645.227,66 |
| *In natura* com embalagem | 704 | 6,18% | R$ 674.418,30 |
| Absorventes | 199 | 1,75% | R$ 30.684,79 |
| *In natura* sem embalagem | 176 | 1,54% | R$ 1.418.291,79 |
| Papel | 88 | 0,77% | R$ 52.513,46 |
| Velas | 53 | 0,47% | R$ 544,21 |
| Plantas | 34 | 0,30% | R$ 15.927,73 |
| Tecidos | 34 | 0,30% | R$ 3.270,02 |
| Colas | 22 | 0,19% | R$ 1.178,50 |
| Perigosos | 14 | 0,12% | R$ 727,46 |
| Ovos | 9 | 0,08% | R$ 11.152,24 |
| **TOTAL** | **11396** | | **R$ 4.501.067,14** |

Fonte: UFRGS-NIPROS, 2021b

Somente a Loja SP usada como referência o valor monetário perdido de R$ 4.501.067,14, correspondentes ao valor do produto que sofreu avaria e foi descartado, sem contar os custos da submissão destes materiais para o aterro. Pode-se estimar quanto seria a perda referente às 186 lojas da REDE. Mais informações sobre esta questão serão apresentadas nas seções subsequentes.

Os resultados da análise das quebras, a tabulação e a valoração dos produtos descartados foram inseridos no software Power BI[4], o que possibilitou uma visualização abrangente das informações essenciais sobre os tipos de **quebra** em uma das lojas da REDE, conforme se observa na Figura 20. Isso permitiu consolidar os dados, facilitando o processo de análise e contribuindo para uma tomada de decisão mais assertiva por parte dos gestores.

Figura 20 - Capa do Dashboard de uma das lojas da REDE




Fonte: Adaptado pelo autor (2023)

Dos 11.396 produtos analisados, a maioria dos descartados pertence as seguintes categorias: orgânicos processados (3.665 produtos, 32,16%), limpeza/cosmético (2.216 produtos, 19,45%) e recicláveis (1.242 produtos, 10,90%). No entanto, os produtos *in natura* sem embalagem (176 produtos, 1,54%) representam a maior perda monetária, totalizando R$ 1.418.291,79, conforme os valores médios de mercado da região.

À medida que a equipe de projeto analisava as categorias de produtos da **quebra** se tornavam cada vez mais evidente para os membros da equipe de projetos a relação existente entre os produtos que são descartados em escala por supermercados (neste caso muitas lojas de uma rede) e o resíduos descartado nos

[4] O Power BI é da empresa Microsoft e é uma plataforma unificada e escalonável para business intelligence (BI) empresarial e de autoatendimento.

domicílios das cidades. As implicações deste achado para a gestão de resíduos sólidos urbanos foram declaradas pelo coordenador do projeto, conforme descrito a seguir.

> *"(...) não foi fácil trabalhar com todos os dados disponibilizados pela Loja SP de referência, mas foi revelador compreender algo tão óbvio: que os resíduos que descartamos na coleta seletiva urbana a partir de nossos domicílios são os mesmos descartados em escala pelos supermercadistas.*
>
> *Essa informação tão banal num primeiro momento traz evidências sobre a importância que o "Elo Supermercado" tem na cadeia de produção e consumo. Os supermercadistas podem influenciar o consumidor (que é o pequeno gerador) em relação aos hábitos de consumo e descarte. Os Supermercadistas podem influenciar os cidadãos, por meio de decisões estratégicas adotando fornecedores sustentáveis, por meio de educação ambiental nas suas lojas, por meio de marketing e propaganda de práticas e hábitos sustentáveis de compra, uso e descarte de produtos.*
>
> *Da mesma forma, melhorar a gestão e descarte das lojas também reduzirá o impacto, visto que são grandes geradores de resíduos dentro do ambiente das cidades (coordenador do projeto)".*

Esta correlação declarada evidência o impacto da gestão do grande gerador sobre o cenário domiciliar onde as decisões tomadas pelo supermercado como a exigência de embalagens mais recicláveis junto aos fornecedores ou a redução de perdas de perecíveis, tem o potencial de alterar a composição gravimétrica dos resíduos domiciliares. Portanto, a análise do grande gerador não é isolada pois ela oferece dados preditivos que auxiliam para dimensionar e otimizar a gestão dos resíduos domésticos na cidade circular.

Os dados da quebra revelam que o valor perdido de aproximadamente 1,5 milhões de reais de produtos ***in natura*** **sem embalagem** descartados representam o maior ponto de atenção. Para cada item avariado na loja, centenas de itens idênticos entram nos domicílios. Assim, a ineficiência observada na gestão interna da loja (ex. descarte de orgânicos para aterro) muito provavelmente se repete em escala exponencial nas residências, que carecem da infraestrutura de compostagem que o próprio grande gerador ainda não implementou plenamente.

Esta influência não deve ser apenas passiva. O comportamento da população no domicílio é, em grande parte, um reflexo do condicionamento recebido no ponto de venda. Se o supermercado normaliza o excesso de embalagens e não comunica claramente a reciclabilidade dos itens nas gôndolas, ele reforça o comportamento de descarte alienado. Portanto, a mudança de hábito do **pequeno gerador** (cidadão) começa na prateleira do **grande gerador** (supermercado).

3.4.1.2.2 Estratégias para o plano de Aterro Zero da REDE

A equipe de projeto determinou quatro diretrizes para o desenvolvimento das estratégias de Aterro Zero da REDE: A. Organização dos dados; B. Busca pela Ecoeficiência para um gerenciamento efetivo de resíduos e C. Modificação de processos e métodos em todas as lojas da REDE, D. Envolvimento das pessoas e Melhoria contínua.

**A. Organização dos dados**

Segundo o membro estatístico da equipe que desenhou o dashboard:

> *"(...) Quanto mais dados de boa qualidade, mais insights! Melhorar a qualidade dos dados disponíveis por toda a REDE e utilizá-los para tomada de decisão qualificada. Esta é uma premissa para a rede alcançar agilidade e transformação digital no futuro" (estatístico membro da equipe)."*

Para tal, o relatório de projeto recomenda:

- Manter controle quantitativo e da composição do resíduo orgânico/seco e quebra. A falta de detalhamento dificulta a tomada de decisão assertiva. Repensar a coleta, tratamento, análise de resíduos e quebras e de seus dados.
- Padronizar, unificar e organizar o registro de dados de resíduos/quebras por toda a REDE. Repensar a forma de compartilhamento de dados e informações por toda a REDE.
- Realizar a coleta seletiva no local de geração com aquisição de coletores adequados.
- Recusar produtos sem descrição clara de embalagens, materiais e composição. A análise demonstrou que ter um controle do tipo de EMBALAGEM de cada item comercializado é a chave para dimensionamento e estimativa de custos e definição de ações em direção ao aterro zero.

**B. Busca pela Ecoeficiência para um gerenciamento efetivo de resíduos**

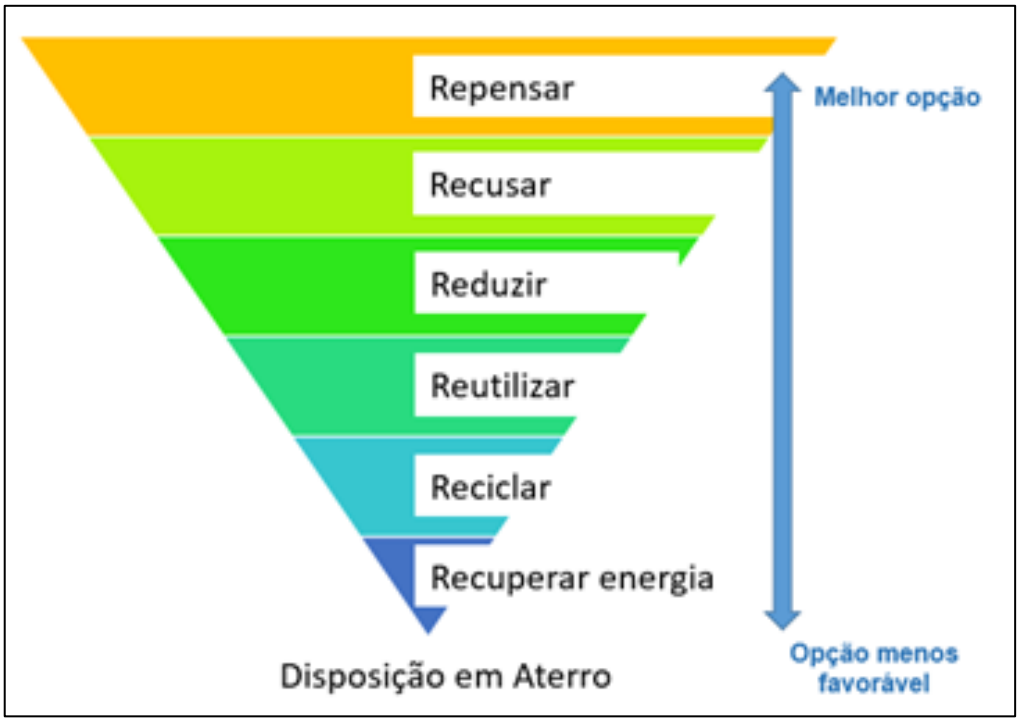
A Ecoeficiência se refere à disponibilização de serviços e bens capazes de satisfazer as necessidades humanas e proporcionar qualidade de vida sem causar impactos ambientais e gastando o mínimo dos recursos naturais não renováveis. O objetivo da ecoeficiência é trazer mais rentabilidade, utilizando menos matérias-primas.

Para chegar ao Aterro Zero é necessário disseminar diretrizes de Ecoeficiência para toda a REDE de lojas:

- Reduzir a geração de Resíduos, identificando, eliminando ou monitorando as fontes de geração;
- Reduzir geração de Resíduos sólidos perigosos, substituindo por produtos ou insumos não tóxicos;
- Reduzir custos relacionados com o tratamento dos resíduos inevitavelmente gerados;
- Reduzir áreas inevitavelmente impactadas.

A síntese do diagnóstico da etapa A apresenta uma visão atualizada dos resíduos e perdas nas lojas, com base em dados quantitativos obtidos por meio das entrevistas. As iniciativas atuais focam principalmente em Reutilização (por meio de doação) e Reciclagem. Contudo, para alcançar a meta de Aterro Zero, a REDE precisa adotar uma abordagem mais abrangente dos 'R's' do gerenciamento de resíduos, conforme ilustrado na Figura 21.

Figura 21 - Pirâmide do gerenciamento de resíduos




Fonte: Adaptado pelo autor (2023)

O projeto indicou que a gestão dos resíduos orgânicos poderia ser realizada por meio de soluções consolidadas e/ou por meio de métodos emergentes. As soluções consolidadas incluem as variantes de compostagem: compostagem em leiras; compostagem em sistemas fechados; compostagem terceirizada; vermicompostagem; biodigestão; e alimentação animal. As soluções emergentes

incluem a: gongocompostagem[5]; pirólise; coprocessamento; destinação específica para resíduos diferenciados, que são menos frequentemente utilizadas. A partir das análises dos dados da Loja SP de referência foram estimados os custos conforme descrito na Figura 22.

Figura 22 - Análises de custos – buscando ecoeficiência

**Reduzir geração** ⇩ **Reduzir custo** ⇩

| Dados de 2020 | Toneladas de produtos descartados | Custo direto do produto perdido | Custo do tratamento em aterro/t | Custo total do ano de 2020 |
|---|---|---|---|---|
| **Loja SP** | 338,5 | R$ 4.501.067,14 | R$ 79.768,85 | R$ 4.580.835,99 |
| A compostagem corresponde a 25% do custo de envio para o aterro | | | | |
| **Valor da compostagem/t** | R$58,00 | 25% | | |
| **Valor médio aterro/t** | R$235,64 | | | |

Fonte: UFRGS-NIPROS, 2021b

Assumindo-se que o material FVL corresponde a 18% do total de resíduos da Loja SP e considerando-se que foram gerados 97,78 t no mês de Julho/21, o custo mensal de envio para aterro seria de R$ 4.241,52 contra R$ 1.044,00 para a compostagem.

Assim, os dados da Loja SP de referência da REDE revelaram que:

> *"(...) o exemplo da Loja-SP indica que, mais do que reduzir o custo com a destinação adequada dos resíduos, deve-se reduzir a geração, e esta depende de adequações dos processos internos das lojas da REDE (membro da equipe de projeto – Bióloga gestora do projeto).*

[5] A gongocompostagem é mais uma possibilidade de compostagem de resíduos orgânicos de origem vegetal. Ela é realizada pelos gongolos - também conhecidos como piolhos-de-cobra, maria-café ou embuás -, pequenos invertebrados que fazem parte da fauna do solo e que possuem uma excepcional capacidade trituradora, sendo capazes de se alimentar de materiais fibrosos como bagaço de cana-de-açúcar, sabugo de milho, aparas de grama e até papelão (Disponível em: https://www.embrapa.br/agrobiologia/fazendinha-agroecologica/gongocomposto).

### C. Modificação de processos e métodos em todas as lojas da REDE

Considerando-se os resíduos orgânicos e visando auxiliar na melhoria dos processos, foram propostos equipamentos do mercado que separam as embalagens dos conteúdos conforme apresentado naFigura 23 além de outros que auxiliam com a destinação adequada dos resíduos conforme apresentado na Figura 24.

Figura 23 - Equipamentos para separação de embalagem e conteúdo

| Equipamentos para separação de embalagem e conteúdo | Descrição | Valor estimado (R$) |
|---|---|---|
| Triturador de frascos com separador líquido.  | Triturador em inox com lâminas, peneiras vibratórias e esteira para a separação de embalagens e líquidos. As embalagens saem separadas e trituradas reduzindo o volume necessário para o transporte. Capacidade de 300 l/h. | 120.000,00 |
| Trituradora dentada regulável em inox para separação de materiais orgânicos e inorgânicos.  | Triturador em inox com lâminas, peneiras vibratórias e esteira para a separação de embalagens e materiais orgânicos. A matéria orgânica e as embalagens saem separadas e trituradas reduzindo o volume necessário para o transporte. Capacidade de 200 kg/h. Desenvolvimento Especializado em Soluções para Processos e Automação – DESPA, Uberlândia-MG. | 80.000,00 |

Fonte: UFRGS-NIPROS, 2021b

Figura 24 - Equipamentos para separação de embalagem e conteúdo




Fonte: UFRGS-NIPROS, 2021b

A destinação de resíduos específicos demanda um investimento maior em processos de seleção e acondicionamento, com o objetivo de otimizar tanto a valorização financeira quanto a socioambiental. Embora muitas dessas soluções ainda estejam em desenvolvimento, elas incluem tecnologias emergentes voltadas para resíduos como: Borra de café; Cascas de cítricos; Bagaço de uva; Resíduos de açougue. Essas alternativas visam não apenas reduzir o impacto ambiental, mas também transformar resíduos em recursos com potencial de gerar valor econômico e benefícios sociais.

No Quadro 5 é apresentada uma comparação detalhada entre as diversas soluções para o tratamento de resíduos orgânicos, acompanhada de diretrizes estratégicas que visam orientar as decisões da REDE no caminho para a implementação de um modelo de Aterro Zero. A análise considera não apenas os produtos gerados e as vantagens de cada processo, mas também as limitações, custos de implantação e operação, e as responsabilidades associadas a cada alternativa. Essa comparação é fundamental para identificar a solução mais adequada a diferentes contextos operacionais e ambientais, promovendo uma gestão de resíduos mais eficiente, sustentável e alinhada com as metas de redução de desperdício e impactos ambientais.

Quadro 5 - Comparação entre as soluções disponíveis para a destinação ambientalmente adequada de resíduos orgânicos

| COMPARAÇÃO DE SOLUÇÕES COM ÊNFASE EM RESÍDUOS ORGÂNICOS | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| **SOLUÇÃO PARA TRATAMENTO DOS RESÍDUOS ORGÂNICOS - PROCESSOS** | **PRODUTO GERADO EM CADA PROCESSO** | **RESÍDUOS PARA OS QUAIS É INDICADA** | **VANTAGENS** | **DESVANTAGEM** | **CUSTO IMPLANTAÇÃO** | **CUSTO DE OPERAÇÃO** | **QUEM FAZ** |
| Compostagem em casa em leiras | Adubo | Todos os resíduos orgânicos. | Autonomia, flexibilidade, baixo custo | Suscetível a muitas variáveis climáticas | Itens que gerarão custos: área, geomembrana, sistema de coleta de chorume e aeração. Custeio exige estudos, tende a ser mais barato que sistema fechado, dependendo das dimensões. | Itens que gerarão custos: manutenção de funcionários operação, energia e manutenção de maquinários, licenciamento | Prefeitura de SP<br>Hippo Supermercado<br>Não há informações de entidade que faça no terreno da loja. |
| Compostagem em casa, sistema fechado | Adubo | Todos os resíduos orgânicos. | Sistema controlado, baixo risco | Custo maior de aquisição, manutenção de equipamentos e energia elétrica | Itens que gerarão custos: compra/ desenvolvimento do aparelho e instalação | Itens que gerarão custos: energia elétrica, manutenção do aparelho, possíveis insumos que devem ser adicionados | Shopping Eldorado, Hotéis Sheraton e Hilton, Whole Food Market. |
| Compostagem terceirizada | Adubo | Todos os resíduos orgânicos. | Responsabilidade do parceiro | Dependência do parceiro | Não se aplica | Itens que gerarão custos: pagamento do serviço de transporte e destinação | Mercado Zona Sul<br>Rede de Supermercados Algeloni (SC), Rede Walmart |
| Biodigestão em casa | Gás metano para cozinha, fertilizante líquido | Todos os resíduos orgânicos. Deve ser obedecido um equilíbrio entre quantidades de resíduos de origem animal e vegetal | Sistema controlado, baixo risco | Custo maior de aquisição, manutenção de equipamentos | R$12.900,00/unidade | Itens que gerarão custos: manutenção | Colégio Olga Feraz (SP<br>Colégio Magno (SP) |
| Biodigestão terceirizada | Gás metano para cozinha, fertilizante líquido | Idem ao anterior | Responsabilidade do parceiro | Dependência do parceiro | Não se aplica | Itens que gerarão custos: pagamento do serviço de transporte e destinação | Estações de tratamento de esgoto |
| Alimentação animal | Engorda dos animais | Todos os resíduos orgânicos, exceto provenientes de jardinagem | Responsabilidade do parceiro | Dependência do parceiro; pode haver barreiras legais em alguns estados | Não se aplica | Itens que gerarão custos: transporte | Mercado Atacadão (TO)<br>Shopping Palladium (Curitiba) |
| Pirólise | Gás (energia) para alimentar caldeiras e carvão | Resíduos orgânicos com até 30% de umidade (ex. grãos) e resíduos inorgânicos | Gera mais energia do que consome. Processa muito resíduo em pouco tempo | Custo elevado para operação própria; dependência do parceiro (terceirizado) | Itens que gerarão custos: equipamento, área e licenciamentos em caso de operação própria | Itens que gerarão custos: manutenção e renovação de licenças. | Sem informações sobre empresas que destinam dessa forma. Mas começam a surgir no Brasil plantas que podem receber material |
| Coprocessamento | Calor (energia) | Todos os resíduos orgânicos e recicláveis. Não agrega valor aos resíduos. | Processa muito volume de resíduo em pouco tempo | Depende do parceiro e do projeto | Itens que gerarão custos: equipamento, área e licenciamentos em caso de operação própria | Itens que gerarão custos: manutenção e renovação de licenças. | M. Dias Branco (Isabela, Piraquê)<br>Whirlpool (Brastemp, Consul) porém não para resíduos orgânicos. |

Fonte: UFRGS-NIPROS, 2021b

Em relação aos resíduos secos recicláveis, a análise revelou três estratégias principais para maximizar a gestão e a rentabilidade dos resíduos recicláveis conforme apresentado no Quadro 6.

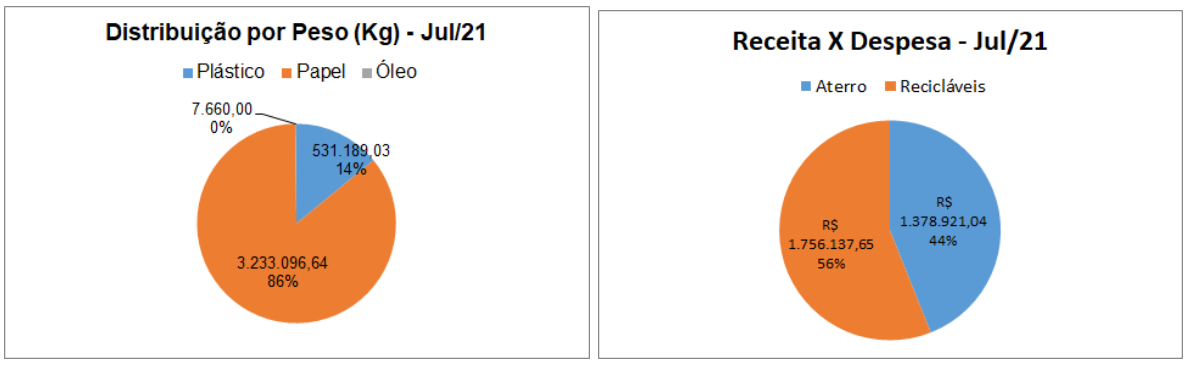
Quadro 6 - Estratégias identificadas para maximização da gestão

| ESTRATÉGIAS | DESCRIÇÃO |
|---|---|
| Avaliar o Custo-Benefício da Destinação dos Resíduos: | Uma das soluções propostas é avaliar o custo-benefício de enviar os materiais para cooperativas, empresas de aparas ou vendê-los diretamente a recicladores. Cada uma dessas alternativas apresenta vantagens e desafios, e a escolha do destino adequado pode ser decisiva para a otimização dos recursos. |
| Segregação Interna Antes do Transporte: | A segregação eficiente dos resíduos antes do transporte é outra estratégia essencial. Realizar essa separação internamente pode reduzir custos operacionais e melhorar a qualidade dos materiais recicláveis, aumentando, assim, o valor de mercado e a eficiência logística |
| Parcerias com Fornecedores e Recicladores: | Identificar fornecedores estratégicos, como cooperativas e recicladores, e estabelecer parcerias sólidas pode garantir uma venda mais direta e vantajosa dos materiais recicláveis, além de contribuir para a inclusão social e econômica de comunidades vulneráveis. As cooperativas, por exemplo, desempenham um papel fundamental na geração de renda e na promoção de trabalho digno para populações em situação de vulnerabilidade. |

Fonte: UFRGS-NIPROS, 2021b

O diagnóstico revelou haver variabilidade nos preços dos materiais recicláveis, como plástico e papelão, com base na escassez e nas flutuações do mercado. Monitorar essas flutuações torna-se essencial para otimizar a receita gerada pela venda de resíduos recicláveis, pois os preços podem variar significativamente entre regiões e períodos, o que impacta diretamente na rentabilidade das iniciativas de reciclagem, conforme pode ser visto na Figura 25.

Figura 25 - Análise da comercialização dos resíduos recicláveis




Fonte: UFRGS-NIPROS, 2021b

Em relação à variabilidade nos preços dos materiais recicláveis São Paulo se destaca com preços mais altos, devido à presença de grandes empresas de beneficiamento e iniciativas de logística reversa. No Sul, o papelão é mais valorizado devido às indústrias papeleiras, enquanto outros materiais têm menor valor, devido à falta de infraestrutura. Esses preços podem variar em mais de 50% dependendo da

região, como observando no caso do PET no Nordeste, o que torna fundamental o monitoramento constante dos preços do mercado para otimizar o retorno financeiro.

Para auxiliar na avaliação dos diferentes modelos de negócios de reciclagem, foi criada uma planilha que compara as vantagens e desvantagens de cada alternativa. O Quadro 7 revela que os modelos de terceirização, embora isentos de custos iniciais, apresentam um retorno financeiro mais baixo. Por outro lado, o modelo com equipe própria para segregação, armazenamento e venda dos materiais exige um alto investimento inicial, mas oferece maior potencial de receita a longo prazo.

Modelos que envolvem cooperativas, por sua vez, têm um forte impacto social. As leis brasileiras incentivam a destinação de resíduos para essas organizações, fortalecendo a reciclagem e promovendo a inclusão de trabalhadores vulneráveis. Além disso, a destinação para cooperativas pode gerar um impacto positivo nas comunidades e contribuir para a sustentabilidade econômica e social.

Quadro 7 - Escala para tomada de decisão - estruturas de reciclagem nas unidades

| **Escala de Decisão Alto/Médio/Baixo** | **Impacto Social Positivo** | **Impacto Ambiental Positivo** | **Custo de implantação** | **Custo Mensal** | **Receita** |
|---|---|---|---|---|---|
| Equipe própria de triagem | Médio | Alto | Alto | Alto | Alto |
| Equipe terceirizada (modelo atual) | Baixo | Alto | Baixo | Baixo | Baixo |
| Cooperativa interna | Alto | Alto | Alto | Baixo | Baixo |
| Armazenamento e envio para cooperativas | Alto | Alto | Baixo | Alto | Médio |

Fonte: UFRGS-NIPROS, 2021b

A contínua monitorização das flutuações de preços e o acompanhamento da demanda do mercado são fundamentais para maximizar a receita da reciclagem. Isso pode ser feito por meio de plataformas digitais ou sistemas de inteligência artificial, que ajudam a identificar o momento mais vantajoso para a venda dos materiais recicláveis, garantindo assim uma gestão mais eficiente.

Por fim, as estratégias sugeridas demonstram que, ao equilibrar custos e benefícios, é possível otimizar tanto a rentabilidade quanto o impacto social da gestão de resíduos recicláveis, criando um modelo sustentável e economicamente viável para a reciclagem no Brasil.

**D. Envolvimento das pessoas**

O relatório do projeto alertou que o envolvimento de toda a equipe da REDE é fundamental para o sucesso das iniciativas de redução de resíduos. As modificações dos processos internos dentro de cada loja da REDE e padronização de práticas de gestão de resíduos, passam pela capacitação da equipe. Serão as pessoas que dará

continuidade às ações desenhadas e farão o monitoramento para a melhoria contínua dos processos. Trata-se também do desenvolvimento de uma cultura de sustentabilidade em toda a equipe.

**E. Melhoria contínua**

O relatório também definiu que, depois de identificadas as etapas que geram resíduos e mapeadas as ações que serão realizadas em cada loja da REDE, é preciso que se crie um plano de trabalho e indicadores para que sejam acompanhados. Desta forma, todos os novos processos serão monitorados e avaliados de forma permanente. Só assim será possível garantir que a gestão seja eficaz por um período longo, em que se levará em conta ações de melhoria contínua de cada uma das novas etapas estabelecidas. Indicadores (KPIs) de processo e de resultado são a chave para o alcance do Aterro Zero.

*3.4.1.3 Proposição de um plano viável para Aterro Zero*

O estudo foi iniciado em 2021 e havia a previsão do aumento do número de lojas da REDE além das 186 que existem, o que aumentaria proporcionalmente a geração de resíduos. Portanto, foi desenvolvido um cenário evolutivo com marcos para os anos de 2022, 2025, 2030 e 2035, considerando duas abordagens: (I) Geração constante de resíduos; (II) Geração proporcional ao aumento do número de lojas.

As estratégias sugeridas e validadas com os gestores foram distribuídas ao longo do tempo e incluíram: a descaracterização seguida de compostagem terceirizada; a doação; a Biodigestão; o Coprocessamento; a Reciclagem.

As recomendações durante o tempo foram distribuídas em:

- Curto prazo (até 2025)
    - Priorizar a terceirização da compostagem
    - Contratar equipe dedicada à descaracterização de resíduos
    - Implementar a separação de resíduos em refeitórios e cafetarias
- Médio prazo (2025 a 2030)
    - Capacitar colaboradores para a separação correta no local de geração, conforme o tipo de resíduo gerado em cada loja
- Longo prazo (2030 em diante)
    - Adotar tecnologias avançadas, como biodigestores e processos de coprocessamento

Como política de implementação foi proposta que as estratégias sejam implantadas em todas as lojas da REDE em ciclos de cinco anos, de modo que cada novo conjunto de ações fosse implementado gradualmente a cada quinquênio.

Dado o volume significativo de resíduos orgânicos, o plano contempla também soluções específicas para esse tipo de material. As abordagens incluem reciclagem, reutilização e recuperação de energia, adequadas às características de cada grupo de resíduo. O estudo técnico que embasa este plano categorizou os resíduos orgânicos em dez grupos: Frutas, verduras e legumes (FLV); Cascas e pedaços de FLV; Grãos e sementes; Sobras de alimentos preparados; Alimentos processados; Resíduos de jardim; Ovos; Leite e derivados; Resíduos de açougue dentro do prazo de validade; Carnes fora do prazo de validade e resíduos de banheiro.

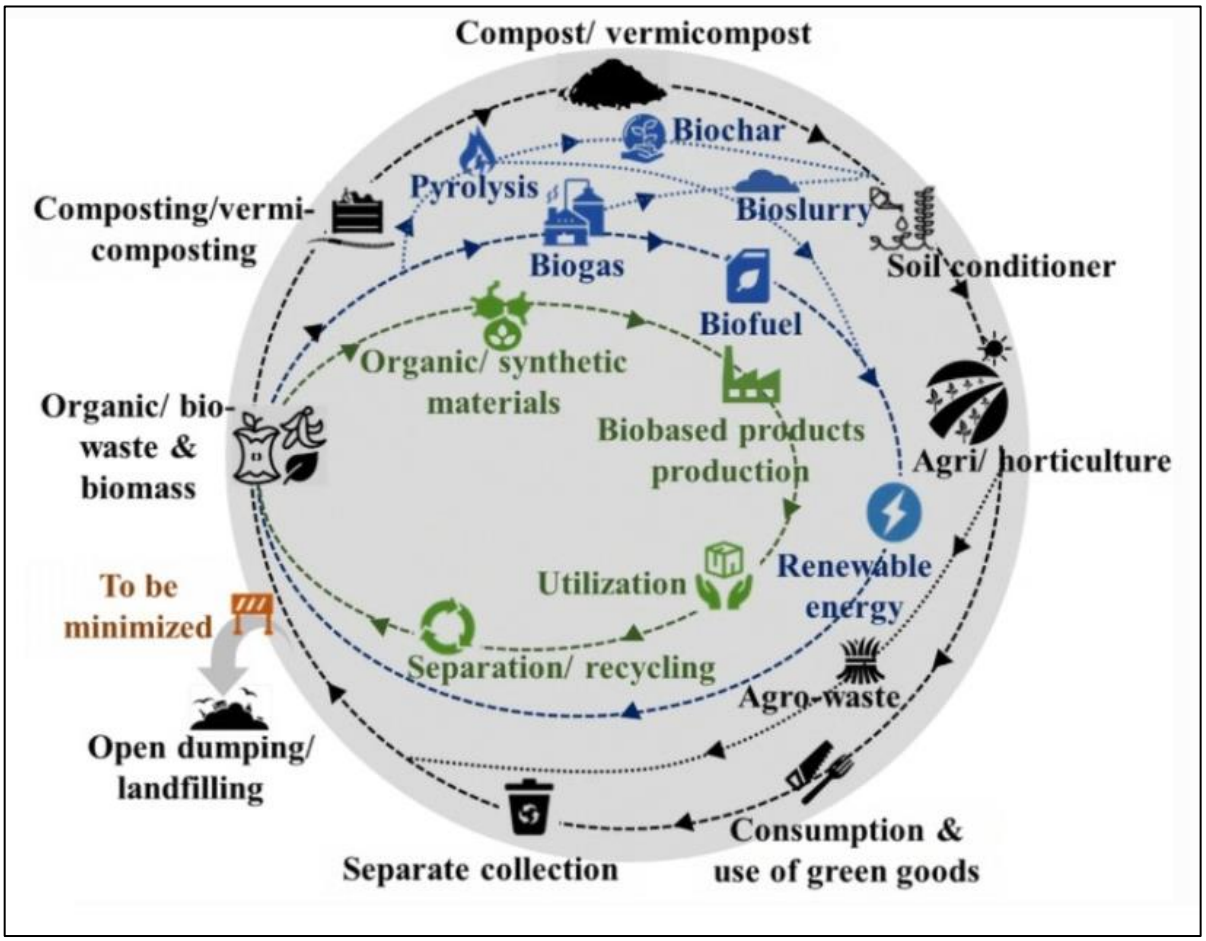
A Figura 26 apresenta uma comparação entre soluções ambientalmente adequadas para cada um desses grupos, enquanto a Figura 27 consolida as **estratégias tecnológicas** recomendadas, alinhadas a uma lógica de economia circular.

Figura 26 - Tabela comparativa das soluções ambientalmente adequadas à resíduos

| ORDEM DE RECOMENDAÇÃO | | | | | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| **Soluções** | **FLV, pedaços de FVL, cascas** | **Grãos/ sementes** | **Resíduos de refeitório, padaria** | **Processados e bebidas** | **Resíduos de jardim** | **Ovos** | **Leites e laticínios** | **Resíduos de açougue** | **Carnes fora do prazo de validade** | **Resíduos de banheiro** | **prazo (curto - longo)** |
| compostagem terceirizada | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 2 | 4 | 3 | NA | Curto |
| alimentação animal (sempre terceirizada) | 2 | 2 | 1 | 6 | NA | 1 | 1 | 1 | 7 | NA | Curto |
| compostagem em leiras | 3 | 3 | 2 | 2 | 2 | 2 | 3 | 5 | 5 | NA | Curto/médio |
| vermicompostagem | 3 | 3 | 2 | 2 | 2 | 2 | 3 | 5 | 5 | NA | Médio/longo |
| gongocompostagem | 3 | 3 | 2 | 2 | 2 | 2 | 3 | 5 | 5 | NA | Longo |
| compostagem sistema fechado | 4 | 4 | 3 | 3 | 3 | 3 | 4 | 6 | 4 | NA | Curto/Médio |
| biodigestão sistema fechado | 5 | 5 | 1 | 1 | 7 | 1 | 1 | 2 | 1 | NA | Médio/longo |
| biodigestão terceirizada | 6 | 6 | 2 | 2 | 7 | 2 | 2 | 3 | 2 | NA | Curto/Médio |
| pirólise | NA | 7 | NA | NA | 5 | NA | NA | NA | NA | 1 | Longo |
| coprocessamento | 7 | 8 | 7 | 7 | 6 | 7 | 7 | 8 | 7 | 2 | Curto/Médio |

Fonte: UFRGS-NIPROS, 2021b

Figura 27 - Caminho circular para estratégias adequadas a resíduos orgânicos




Fonte: Srivastava, 2020

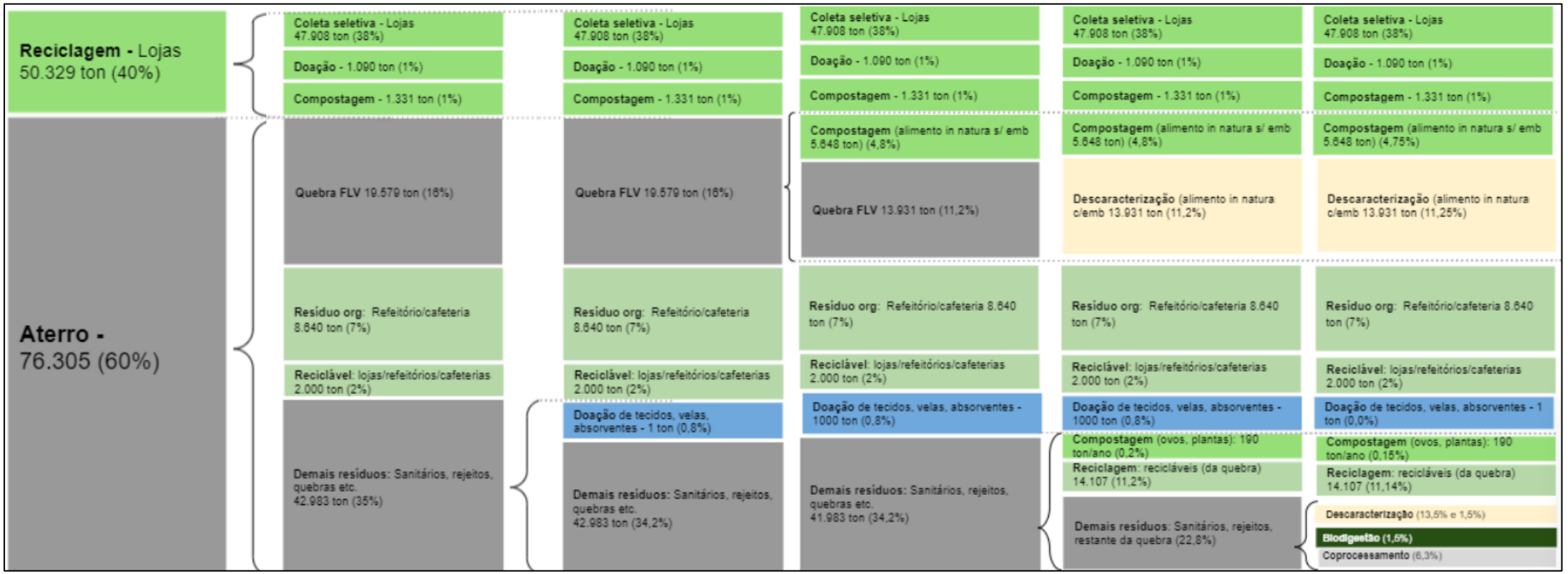
3.4.1.3.1 Cenários rumo ao Aterro Zero

A proposta apresentada está alinhada com o projeto original e contempla estratégias de tratamento de resíduos coerentes com as metas da organização. O cenário considera, ainda, que o atingimento de um desempenho satisfatório depende de um comprometimento institucional com a capacitação dos colaboradores na separação correta dos resíduos a partir de 2022, bem como da redução efetiva da geração de resíduos a partir de 2025. Foram elaborados dois cenários, considerando a geração de resíduos constante e aumento da geração no período de 2021-2035.

A Figura 28 apresenta o cenário evolutivo considerando a geração constante de resíduos no período de 2021 a 2035. Nesse contexto, assume-se que a quantidade total de resíduos gerados anualmente permaneceria estável, sendo priorizadas estratégias para aprimorar sua destinação. Atualmente, 40% dos resíduos da REDE são reciclados e 60% são encaminhados para aterros. A estratégia sugerida foca na separação de resíduos orgânicos e recicláveis provenientes do refeitório e da cafeteria, visando à compostagem e à redução da fração destinada a aterros. Para o

ano de 2022, foi recomendada a implementação da separação adequada desses resíduos, bem como a doação de tecidos, absorventes e fraldas. Tais medidas não alteram o volume total de resíduos gerados, mas promovem uma gestão mais sustentável, diminuindo a proporção enviada a aterros e incentivando práticas ambientalmente responsáveis.

Figura 28 - Visão geral da Evolução em direção à Aterro Zero - 2021 e 2035 considerando a geração de resíduo constante




Fonte: UFRGS-NIPROS, 2021b

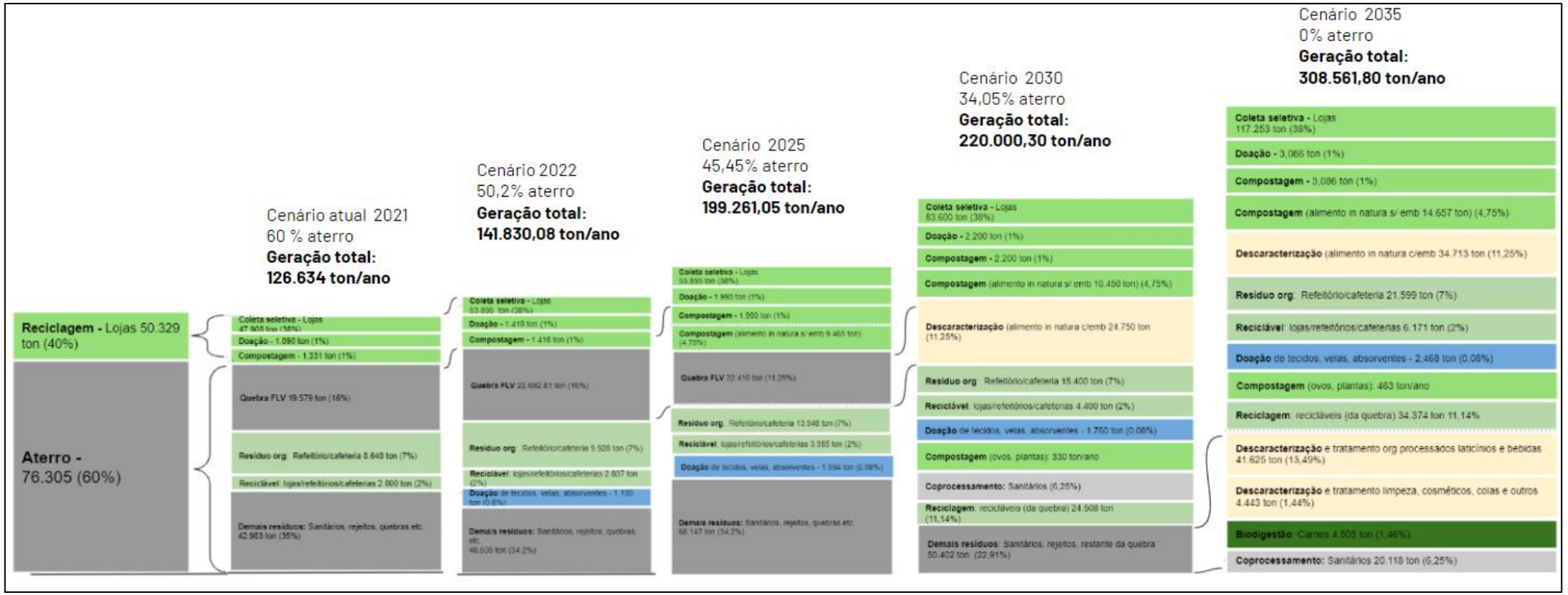
O cenário da Figura 28 considera a expansão da REDE com a abertura de 20 novas lojas por ano e uma taxa de crescimento de 12% ao ano na geração de resíduos até 2025. No período de 2026 a 2030, com a implementação de melhorias operacionais e ações internas de redução, a taxa de crescimento da geração de resíduos será reduzida para 2% ao ano, enquanto cada loja alcançará uma redução de 10% ao ano em sua produção de resíduos. A partir de 2031, o volume total de resíduos aumentará 7% ao ano, mas a taxa de redução individual por loja cairá para 5% ao ano.

Segundo a equipe de projeto:

> *“(...)Para a construção dos cenários rumo ao Aterro Zero, foram utilizadas duas principais fontes de referência. Um modelo prospectivo de cenários até 2025, previamente elaborado pelas equipes da REDE, do qual foram extraídas premissas estratégicas relevantes. Outra fonte foi a análise do comportamento de dados de quebra de uma das lojas da REDE no ano de 2020, que categorizou os itens danificados por tipo e permitiu a quantificação em toneladas e percentuais (Pesquisadora Bióloga, responsável pela geração dos cenários)”.*

A Figura 29 ilustra a evolução da geração de resíduos ao longo do período de 2021 a 2035, destacando o caminho traçado pela REDE em direção à meta de Aterro Zero. As projeções refletem uma estratégia que equilibra o crescimento da operação com ações concretas de mitigação, reforçando o compromisso com uma gestão ambiental eficiente e sustentável.

Figura 29 - Visão geral da Evolução em direção à Aterro Zero - 2021 e 2035 considerando aumento da geração de resíduo




Fonte: UFRGS-NIPROS, 2021b

O relatório foi concluído com considerações sobre a dinamicidade das tecnologias de tratamento sugeridas e o fato de terem sido propostas com base em premissas adotadas. O coordenador afirmou:

> *"(...) As estratégias de manejo de resíduos estão em constante evolução no Brasil, e novas tecnologias emergentes têm o potencial de acelerar o processo rumo ao modelo de Aterro Zero (coordenador do projeto)".*

Outra questão que se tornou evidente foi a necessidade de uso de práticas, como gravimetria, indicadores, softwares de gestão e práticas preventivas da geração dos resíduos no supermercado.

> *(...) Para obter projeções mais precisas e eficazes, é imprescindível dispor de dados detalhados, como a composição gravimétrica dos resíduos, que permitirá a definição de estratégias mais adequadas e eficientes. Ao avaliar as lojas em função do objetivo de Aterro Zero, é fundamental priorizar métricas que se concentrem na redução da geração de resíduos, em vez de focar apenas na destinação adequada. Isso garante que a redução real da geração de resíduos não seja mascarada por uma destinação correta, mas ineficaz no controle da geração.*

O estudo da REDE foi consolidado por meio de quatro relatórios. O primeiro relatou o Plano de Trabalho para a implementação do Aterro Zero, o segundo apresentou um diagnóstico sobre o gerenciamento de resíduos orgânicos, o terceiro tratou de um relatório dos resultados e o quarto consistiu em um dashboard com os dados de quebra de uma loja. Por fim, o Relatório Consolidado integrou todas as etapas, análises, resultados e propostas previstas no Plano de Trabalho.

## 3.5 Resultados e discussão

Iniciamos essa seção apontando as **limitações encontradas** ao longo da análise do estudo de caso.

### 3.5.1 Limitações do Caso estudado

As limitações mais críticas para a generalização dos resultados dizem respeito à amostra restrita de lojas investigadas, ao foco em um único caso e ao recorte temporal curto. A escolha de apenas sete unidades, em um universo muito maior, reduz a representatividade e restringe as conclusões às realidades mais estruturadas em gestão. O fato de se tratar de uma única REDE, com características específicas de engajamento ambiental e investimentos próprios, limitaria muito a validade externa do estudo, mas esta questão pode ser atenuada pelo fato de que REDE ocupa ranking de destaque entre as maiores atacadistas de varejo no Brasil. Da mesma forma, a curta duração da coleta de dados impede a captura de variações sazonais ou estruturais, dificultando extrapolações para outros períodos e contextos. Essas

limitações, em conjunto, exigem cautela ao aplicar os achados a outros supermercados ou cenários distintos.

Por outro lado, embora existam limitações à generalização, é importante destacar que a loja escolhida como referência não foi selecionada de forma aleatória ou apenas por conveniência, mas indicada pelos próprios gestores da REDE como representativa das práticas e desafios enfrentados nas demais unidades. Segundo os responsáveis, essa loja concentra características típicas do funcionamento operacional, da gestão de resíduos e das relações com fornecedores e clientes, refletindo, em grande medida, o que ocorre no conjunto das lojas da REDE. Assim, ainda que não substitua uma amostra mais ampla, a escolha confere robustez qualitativa ao estudo, uma vez que possibilita compreender dinâmicas centrais da REDE e oferecer insights relevantes que podem ser adaptados a outras unidades.

Os sete tipos de **limitações encontradas** ao longo da análise do estudo de caso podem ser vistos no Quadro 8.

Quadro 8 - Limitações encontradas no estudo de Caso da REDE

| LIMITAÇÃO | DESCRIÇÃO |
|---|---|
| Despadronização de dados | A falta de padronização introduziu margem de erro e omissão em alguns resultados. A qualidade heterogênea dos dados afeta a precisão e a replicabilidade |
| Amostra restrita | Apenas 7 lojas foram analisadas de mais de 180. A escolha favoreceu insights ricos, mas limitados a representatividade e a generalização. |
| Foco em um único caso | Estudo aprofundado em uma REDE específica interessada em Aterro Zero. Resultados ligados a características próprias, limitando a validade externa. |
| Recorte temporal curto | Coleta em ~3 meses (2021) com dados de 2020 a 2021. Não captou a sazonalidade ou mudanças de longo prazo. Projeções até 2035 carecem de confirmação empírica. |
| Dados autorrelatados e lacunas de resposta | Entrevistas com gestores apresentaram incertezas, respostas incompletas e falta de sistematização. Parte dos questionários não foi respondida integralmente. |
| Desafios de replicabilidade | Alto nível de acesso a dados internos e complexidade metodológica podem dificultar a reprodução integral. Apesar disso, há boa documentação para adaptação. |
| Conhecimento das estratégias da empresa | Falta de conhecimento das estratégias com relação as questões dos resíduos. |

Fonte: UFRGS-NIPROS, 2021b

### 3.5.2 Análise da literatura frente às evidências

A comparação com a literatura foi analisada conforme demonstrado no Quadro 9.

Quadro 9 - Comparativo entre autores, conceitos e evidências no estudo de caso

| AUTORES/FONTES | CONCEITOS E ARGUMENTOS | EVIDÊNCIAS NO ESTUDO DE CASO |
|---|---|---|
| BRASIL (2010); PLANARES (2021); Decreto 12.082 (2024) | PNRS e ENEC; responsabilidade compartilhada, logística reversa, metas de circularidade. | Os gestores reconhecem as pressões legais, mas há uma baixa clareza sobre a responsabilidade e práticas padronizadas. A terceirização surge como solução imediata. |
| Campbell-Johnston (2019); Williams (2019, 2021); Tsui *et al*. (2024) | Economia circular e Cidades Circulares: integração de fluxos metabólicos urbanos, redução de resíduos, foco em setores industriais e construção civil. | A rede ainda opera sob a lógica linear e aproximadamente 60% dos resíduos são destinados a aterros, confirmando a lacuna entre o ideal circular e a prática local no varejo supermercadista. |
| European Commission (2020); City of Amsterdam (2023); San Franscisco Dept. of Environment (2023); Ribeiro *et al*. (2023) | Experiências e políticas de Cidades Circulares e Lixo Zero; prevenção, reciclagem e valorização em sistemas urbanos integrados | Contexto brasileiro distante dessas experiências; baixa coleta seletiva e pouca valorização de orgânicos; ausência de integração sistêmica entre supermercados e gestão urbana de resíduos. |
| UNEP (2021); GWMO (2024) | Baixa taxa de reciclagem global e projeção de crescimento exponencial de resíduos; urgência em política circulares | Dados da rede: 126 mil toneladas/ano de resíduos; apenas 40% são reciclados; 60% em aterros; confirma o diagnóstico global da UNEP. |
| Melo (2022); ABRAS (2025) | Supermercados como grandes geradores, com papel central no varejo e influência em fluxos de resíduo | Confirmação; a rede investigada gera grandes volumes de resíduos, atuando como ator estratégico no metabolismo urbano. |
| Debastiani (2016) | Tipos de resíduos por setor (padaria, açougue, depósito, etc.) | A identificação de resíduos orgânicos, plásticos e papelão como predominantes; o mapeamento por setor confirma a descrição teórica. |
| Trento (2021) | Desperdício de alimentos associado a estoques, vaidade e rejeição estética. | O Diagnóstico de **quebras** mostra perdas por avarias e vencimento dos produtos, gerando impactos econômicos ambientais. |
| Sabatini e Wanderley (2021); Valenzuela-Fernández (2022) | Pressões sociais e de mercado; certificações ambientais (Lixo Zero, Aterro Zero), práticas sustentáveis e educação ao consumidor | A rede busca a certificação Aterro Zero e contrata uma consultorias especializadas; os consumidores ainda estão pouco envolvidos em ações educativas. |

Fonte: Elaborado pelo autor (2025)

O Quadro 9 evidencia a forma como o referencial teórico fundamenta e, ao mesmo tempo, contrasta com as evidências empíricas levantadas no estudo de caso. Considerando o Panorama legal e institucional, as políticas nacionais e instrumentos legais (PNRS, Planares e ENEC) aparecem na literatura como pilares de uma gestão moderna e integrada de resíduos, mas na prática revelaram fragilidades de implementação, com gestores pouco atentos às suas responsabilidades e forte dependência de empresas terceirizadas. Essa distância entre norma e execução confirma um dos principais desafios apontados pela literatura brasileira: a dificuldade de transformar marcos legais avançados em rotinas operacionais consistentes (Brasil, 2010; PLANARES, 2021).

No campo da **Economia Circular e das Cidades Circulares**, autores como Campbell-Johnston (2019), Williams (2019 e 2021), Tsui *et al*. (2024) e Ribeiro *et al*. (2023) defendem a integração de fluxos metabólicos urbanos e a busca por modelos de lixo zero, inspirados em experiências internacionais, como a União Europeia,

Amsterdã e São Francisco. Contudo, os dados do estudo de caso mostram que aproximadamente 60% dos resíduos da REDE ainda são destinados a aterros, evidenciando um gap significativo entre a teoria e a prática. Essa discrepância não invalida os referenciais, mas reforça a pertinência do diagnóstico: o Brasil ainda opera majoritariamente sob lógica linear, e supermercados têm papel central no desafio de reverter esse quadro. A realidade da REDE de supermercado brasileiro dialoga mais com os desafios apontados por Ribeiro *et al*. (2023), que destacam a necessidade de integração gradual entre economia circular e políticas de lixo zero em contextos urbanos, do que com os exemplos de Amsterdã ou da União Europeia.

Analisando **Supermercados como Grandes geradores**, autores nacionais, como Melo (2022), Debastiani (2016) e Trento (2021), encontram confirmação empírica direta no estudo de caso. A tipologia de resíduos mapeada por Debastiani (2016) é reiterada pelas entrevistas e observações em loja, enquanto as causas do desperdício descritas por Trento (2021), avarias, vencimento e rejeição estética, são materializadas nas **quebras** analisadas pela REDE, que também revelam elevado impacto econômico. Nesse sentido, a literatura setorial se alinha estreitamente com a prática, consolidando supermercados como atores estratégicos do metabolismo urbano. A prática do supermercado confirma as teses desses autores: os resíduos não são apenas subprodutos inevitáveis, mas decorrem de decisões de estoque, marketing e estética.

Por outro lado, referências sobre pressões sociais e de mercado, como Sabatini e Wanderley (2021) e Valenzuela-Fernández (2022), encontram eco na busca da REDE pela certificação Aterro Zero, apontando para a crescente relevância da imagem corporativa e da competitividade sustentável no setor varejista. Essa convergência mostra que a adesão a práticas circulares não é apenas imposição legal, mas também estratégia de diferenciação de mercado. Há portanto, uma convergência entre teoria e prática pois os supermercados percebem valor competitivo em certificações ambientais, embora a operacionalização ainda seja incipiente.

No que diz respeito a **lacunas de pesquisa e relação teoria-prática**, enquanto autores como European Commission (2020) e Williams (2021) descrevem sistemas urbanos de circularidade avançada, os resultados do estudo confirmam as críticas de UNEP (2021) pois a taxa de reciclagem no Brasil é muito baixa (menos de 2%), e a gestão enfrenta entraves operacionais e culturais. O referencial fornece um quadro normativo e idealizado (economia circular, lixo zero, PNRS), sustentado por autores

nacionais e internacionais. O estudo de caso revela a concretude das barreiras: despadronização de dados, terceirização, desconhecimento dos gestores, predominância do envio a aterros.

As entrevistas revelam incertezas dos gestores, falta de integração de dados e forte dependência da terceirização, lacunas não previstas nos modelos teóricos, mas alinhadas às dificuldades práticas observadas em relatórios setoriais (ABRAS, ABREMA). Em síntese, o quadro demonstra que a literatura fornece um horizonte normativo e conceitual, enquanto o estudo de caso revela tanto confirmações quanto tensões em relação a esse referencial. Autores como Debastiani, Trento e UNEP encontram respaldo direto nos dados empíricos, enquanto Williams, European Commission e experiências internacionais funcionam como ideais aspiracionais, ainda distantes da realidade brasileira. Essa análise reforça a relevância da dissertação em preencher a lacuna entre modelos teóricos de circularidade e as barreiras concretas da gestão de resíduos em supermercados, aproximando ciência, política pública e prática empresarial.

Em relação a lacunas tecnológicas da gestão de resíduos em supermercados, embora haja consciência sobre a importância da economia circular, persistem lacunas tecnológicas significativas que limitam a eficácia da gestão de resíduos em supermercados. A ausência de sistemas digitais integrados e de informações padronizadas sobre embalagens compromete a rastreabilidade e a transparência dos fluxos, enquanto a baixa adoção de soluções para valorização de orgânicos e automação da separação mantém a operação fortemente dependente de processos manuais e terceirizados. Além disso, a análise demonstra que, mesmo com a criação de dashboards, ainda há carência de ferramentas de inteligência analítica e preditiva capazes de antecipar padrões de geração e otimizar decisões estratégicas. Essas lacunas, portanto, configuram não apenas barreiras, mas também oportunidades de inovação tecnológica que podem orientar políticas públicas de incentivo, parcerias empresariais e pesquisas acadêmicas voltadas ao desenvolvimento de soluções digitais, automatizadas e inteligentes para acelerar a transição rumo ao modelo de Lixo Zero, Aterro Zero e às cidades circulares.

O Quadro 10 resume as tecnologias que emergiram do caso.

Quadro 10 - Resumo com as tecnologias que emergiram do estudo

| DIMENSÃO TECNOLÓGICA | EVIDÊNCIAS DO ESTUDO DE CASO | SITUAÇÃO ATUAL | OPORTUNIDADE DE AVANÇO | TECNOLOGIAS RELACIONADAS |
|---|---|---|---|---|
| Gestão digital de dados | As planilhas das lojas apresentavam nomenclaturas inconsistentes; Unificação manual da base de dados única (BDU) | Registros fragmentados, não padronizados e de baixa confiabilidade | Implantar sistemas integrados de informação e plataformas digitais de gestão ambiental | Softwares de gestão ambiental (ex. SGA e ERP´s sustentáveis) |
| Rotulagem e rastreabilidade de embalagens | Os Pesquisadores precisaram pesar manualmente embalagens, depois os rótulos indicavam apenas o conteúdo e não o peso da embalagem | Ausência de dados padronizados sobre composição e massa de embalagens | Implementar a rotulagem inteligente para a rastreabilidade e a padronização | QR Codes, RFID, blockchain de embalagens - Tecnologias de rastreabilidade e identificação digital |
| Valorização de resíduos orgânicos | Aproximadamente 60% dos resíduos foram destinados a aterros; os produtos orgânicos foram pouco aproveitados, embora fossem predominantes em setores como FLV e refeitório | Os produtos orgânicos majoritariamente são descartados sem valorização | Adoção de biodigestores de pequeno porte e sistemas mecanizados de compostagem | Biodigestores anaeróbicos, compostagem mecanizada, vermicompostagem acelerada - Tecnologias de bioenergia e tratamento de resíduos |
| Automatização da separação | A separação é realizada manualmente por equipes terceirizadas; os resíduos prensados em caçambas são enviados a aterros | Predomínio da triagem manual e compactação sem descaracterização | Investir em equipamentos de descaracterização que separem conteúdos e embalagens | Trituradores separadores automáticos de embalagens/líquidos, peneiras vibratórias - Tecnologias mecânicas de separação e redução de volume |
| Inteligência analítica e tomada de decisão | Dashboards criados com esforço manual; As análises preditivas são limitadas e sem antecipação de sazonalidade | Dashboards básicos, sem recursos de previsão ou análise avançada | Aplicar analytics e IA para prever padrões de geração e otimizar a logística | Big data analytics, Machine Learning, software e Business Intelligence - Tecnologias de análise e predição |

Fonte: Elaborado pelo autor (2025)

A adoção integrada das tecnologias mencionadas no Quadro 10 tem potencial para reposicionar os supermercados como protagonistas da economia circular no Brasil, ampliando seu papel para além da simples comercialização de produtos e assumindo uma função estratégica na gestão urbana de resíduos. Sistemas digitais integrados e rotulagem inteligente garantiriam transparência, rastreabilidade e padronização dos dados, permitindo maior articulação com políticas públicas e fornecedores. Tecnologias voltadas à valorização de orgânicos, como biodigestores e compostagem mecanizada, possibilitariam reduzir drasticamente o envio de resíduos a aterros, transformando perdas em insumos energéticos e agrícolas. A automatização da triagem/separação, por sua vez, reduziria custos logísticos e aumentaria a eficiência da reciclagem. Por fim, o uso de ferramentas de inteligência analítica e preditiva (*Analytics*/IA) viabilizaria um modelo de gestão proativo e baseado em evidências, capaz de antecipar tendências, otimizar processos e fortalecer a tomada de decisão estratégica. Assim, os supermercados poderiam atuar como elos estruturantes entre consumidores, cooperativas, recicladores e o poder público, contribuindo diretamente para o avanço de cidades circulares e a consolidação de metas de Aterro Zero.

### 3.5.3 Emergência de políticas públicas

A análise das evidências frente ao referencial teórico permite identificar necessidades de políticas públicas voltadas para o setor público e empresarial.

Do ponto de vista do setor público (Quadro 11), a análise evidencia a necessidade de fortalecer os instrumentos da PNRS e da Estratégia Nacional de Economia Circular, sobretudo por meio de maior fiscalização, padronização de planos de gerenciamento e exigência de relatórios digitais de grandes geradores. Os supermercados devem ser integrados às políticas municipais de resíduos como atores estratégicos da circularidade urbana, o que implica criar parcerias público-privadas para compostagem descentralizada, coleta seletiva e campanhas educativas. Além disso, políticas de incentivo econômico podem acelerar a valorização de resíduos, oferecendo benefícios fiscais a empresas que reciclam ou compostam e penalidades para quem destina resíduos a aterros. A inclusão social também deve ser contemplada, por meio da obrigatoriedade de destinar parte dos recicláveis às cooperativas, fortalecendo a geração de renda e a economia circular local. Por fim, a uniformização regulatória entre municípios é essencial para reduzir lacunas legais e garantir maior eficácia das ações de gestão integrada de resíduos.

Quadro 11 - Políticas e estratégias para o setor público e empresarial

| SETOR | POLÍTICAS / ESTRATÉGIAS PROPOSTAS |
|---|---|
| Público | • Reforçar a fiscalização e aplicação da PNRS e da ENEC, exigindo planos de gerenciamento e relatórios digitais padronizados de grandes geradores<br>• Integrar supermercados as políticas municipais de resíduos, promovendo parcerias público-privadas para compostagem, coleta seletiva e educação ambiental.<br>• Criar incentivos fiscais para empresas que adotem reciclagem, com postagem e redução de resíduos, e estabelecer taxas ou penalidades para o envio a aterros<br>• Estabelecer políticas que garantam a destinação prioritária de recicláveis às cooperativas, fortalecendo a inclusão social e a economia solidária<br>• Avançar na uniformização regulatório entre municípios, reduzindo lacunas legais sobre classificação e responsabilidades dos grandes geradores |
| Empresarial (Supermercados e Varejo) | • Implementar sistemas digitais integrados de gestão de resíduos padronizando dados e indicadores para a tomada de decisão estratégica<br>• Priorizar a redução na fonte, com práticas como estoques inteligentes reembalagem doação de excedentes e venda de produtos próximos ao vencimento<br>• Ampliar a valorização de resíduos orgânicos por meio de parcerias com cooperativas, com postagem ou biodigestores<br>• Buscar certificações ambientais (ex. Aterro Zero) como diferencial competitivo e de reputação corporativa<br>• Atuar como indutores de consumo sustentável engajando consumidores e fornecedores em práticas de circularidade (embalagens retornáveis marketing verde, educação ambiental) |

Fonte: Elaborado pelo autor (2025)

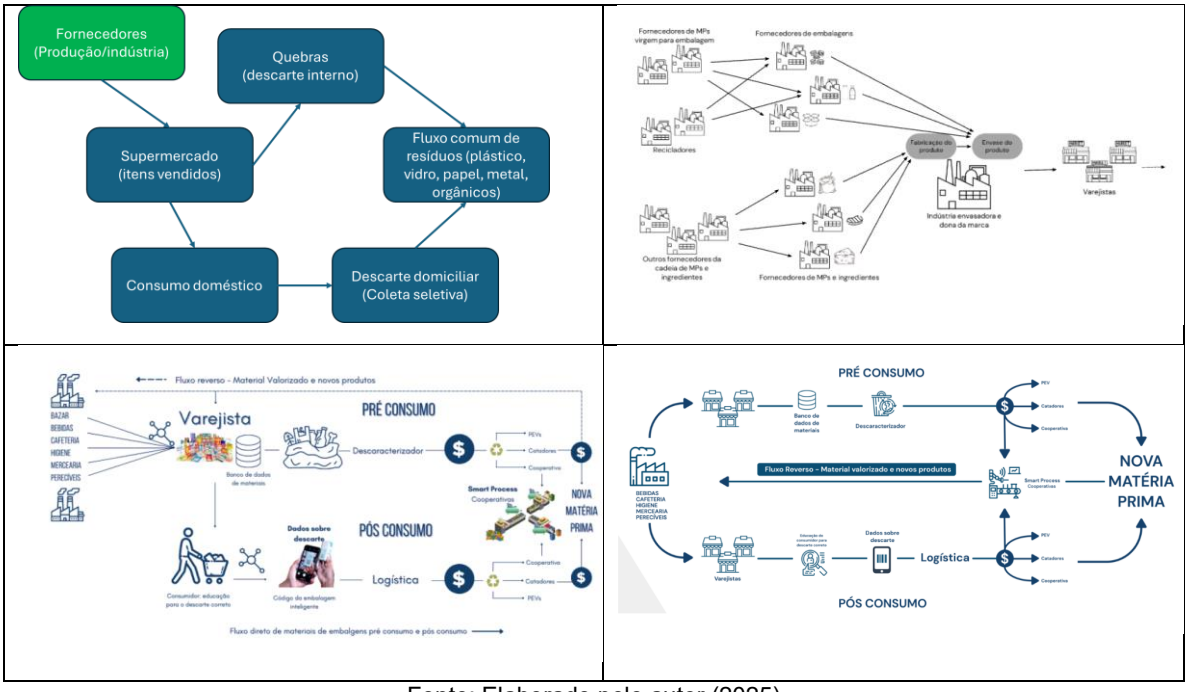
No âmbito empresarial (Quadro 11), os resultados apontam que os supermercados precisam avançar na padronização e gestão digital de dados sobre resíduos, criando sistemas integrados de monitoramento que subsidiem decisões estratégicas e permitam transparência junto ao poder público. Reduzir o desperdício na fonte deve ser prioridade, por meio de estoques inteligentes, programas de reembalagem, doação de excedentes e comercialização de produtos próximos ao vencimento. A valorização dos resíduos orgânicos surge como eixo crítico, exigindo parcerias com cooperativas, empresas de compostagem ou biodigestores para transformar perdas em insumos energéticos ou agrícolas. A busca por certificações ambientais, como Lixo Zero e Aterro Zero, despontam como diferenciais competitivos, capazes de gerar ganhos reputacionais e fortalecer a imagem corporativa no mercado. Além disso, os supermercados têm potencial de influenciar consumidores e fornecedores, promovendo campanhas educativas, incentivando o uso de embalagens retornáveis e estimulando cadeias de fornecimento mais sustentáveis, consolidando-se como agentes de transformação em direção à economia circular.

### 3.5.4 Modelo – Estratégia de gestão de resíduos a partir de supermercados

A análise desagregada dos fluxos e da gestão de resíduos em grande rede de supermercados, inspirou o desenvolvimento de um modelo integrado entre grande gerador supermercadista e pequenos geradores domiciliares em cidades. Os itens descritos como **quebras** evidenciam que os produtos descartados nos supermercados e aqueles descartados pelos domicílios são estruturalmente semelhantes. Essa constatação leva ao desenvolvimento de um modelo que conecta o ciclo do produto desde a aquisição pelo supermercadista, passando pela venda até o descarte doméstico, mostrando que as decisões de gestão de resíduos nos supermercados têm reflexo direto na composição da coleta seletiva urbana.

Os esboços iniciais, desenvolvidos pelo pesquisador durante as entrevistas com os membros da equipe de projeto, relacionando o fluxo (Figura 30 e Figura 31) foram sendo incrementados pelos achados, incluindo a questão da necessidade de rastreabilidade dos produtos ao longo da relação entre supermercadistas e cidadãos.

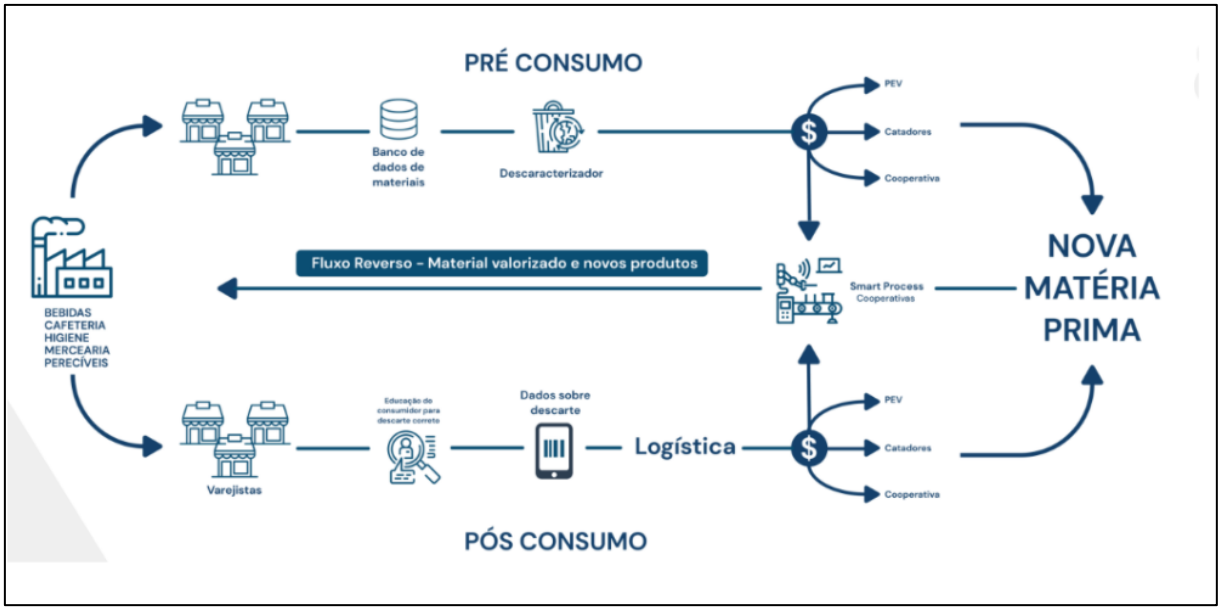
Figura 30 - Esboços do modelo de gestão de resíduos a partir de supermercados




Fonte: Elaborado pelo autor (2025)

A Figura 31 destaca a versão final do modelo da cadeia de resíduos obtida por meio de iterações entre os envolvidos.

Figura 31 - Versão final do modelo da cadeia de gestão de resíduos a partir de supermercados




Fonte: Adaptado pelo autor (2025)

Na parte superior da cadeia, vista na Figura 31, os resíduos pré-consumo gerados no varejista de PCD (Produto de Consumo Diário) pela obsolescência ou violação de produtos em suas lojas devem ser tratados pelo próprio comerciante ou supermercadista. Idealmente, o produto deverá ser descaracterizado, separado o conteúdo de sua embalagem e ambos deverão receber o tratamento ou destinação adequados.

Na parte inferior da cadeia (Figura 31), os resíduos secos pós-consumo (gerados nos domicílios) são compostos primordialmente pelas embalagens dos semiduráveis e não duráveis adquiridos em varejistas (supermercados). Estes são descartados e coletados pela coleta seletiva urbana (logística). Essa não é apenas uma coincidência, dado que a principal fonte de insumos domésticos incluindo materiais de higiene e limpeza, mercearia, alimentos *in natura* ou processados, e suas respectivas embalagens, são adquiridos em mercados e supermercados nas cidades (varejista).

O modelo demonstra que intervir na gestão do grande gerador gera um impacto em cascata na gestão de resíduos sólidos urbanos. Ao rastrear os resíduos do grande gerador no estágio pré-consumo (supermercado), pode-se mitigar a sobrecarga dos aterros municipais.

As evidências do caso estudado indicaram que a redução da geração de resíduos pré-consumo de mercados e supermercados, o tratamento adequado dos resíduos orgânicos, resíduos secos como plástico, papel, vidro e outros, a logística reversa para transformação desses resíduos em novos produtos ou sua adequada destinação final é dependente de:

(i) haver um conhecimento detalhado da composição dos materiais e suas embalagens (informação detida pelo supermercadista e seus fornecedores);

(ii) realizar a rastreabilidade desses materiais e embalagens ao longo da cadeia de fornecimento, comercialização, consumo, descarte, disposição final, tratamento e sua revalorização.

A montante na cadeia pré-consumo, o conhecimento da natureza da composição do produto e de sua embalagem por parte dos varejistas (grande gerador) permite que eles façam a quantificação do volume gerado de cada material. De posse do volume gerado poderão comercializar o resíduo e gerar receita; poderão fazer a revalorização do resíduo transformando-o em matéria-prima para outro sistema (economia circular) ou realizar a destinação ambientalmente adequada.

A rastreabilidade dos itens adquiridos pelos cidadãos em seus domicílios permite estimar a quantidade de materiais de embalagens e, em potencial, localizar onde tais embalagens serão descartadas pelo pequeno gerador.

Neste caso, a lógica de inteligência de dados ao longo de toda a cadeia se estende até as cooperativas de triagem que deverão ter seus sistemas de triagem e separação também modificados completando o processo digitalizado e de reconhecimento das quantidades e tipologias de embalagens ao longo da cadeia. A chegada de material reciclável em melhores condições de separação, aumentam as chances de agregação de valor destes nas cooperativas, melhorando a qualidade do trabalho e geração de renda. Sistemas como este são realidade em outros países e merecem ser implementados nas cidades, visando trazer inteligência e circularidade para os processos locais.

Estas constatações reforçam a necessidade de aplicação de **tecnologias de informação e comunicação** para lidar com dados relacionados com materiais de embalagens e de produtos nos supermercados, além do uso de tecnologias viabilizadoras da rastreabilidade dos materiais ao longo da cadeia de produção, comercialização e consumo, como: (i) computação em nuvem, (ii) internet das coisas (IOT) e (iii) software e hardware.

Entende-se que a integração entre varejistas de supermercados e seus fornecedores é o elemento central para a rastreabilidade, mas não se restringe a estes dois elos. Tanto a logística reversa quanto a destinação final dependem do elo representado pelo consumidor final, pelas cooperativas, gestores públicos munidos de mecanismos legais e tributários, lideranças e pessoal com expertise para implementar tecnologias e sistemas inovadores apontados no tópico anterior.

## 3.6 Implicações práticas da pesquisa

O presente estudo trouxe as seguintes implicações práticas:

### 3.6.1 Para o setor empresarial (supermercados e varejo)

- Padronização e digitalização da gestão de resíduos: implantar sistemas integrados de informação (dashboards, softwares ambientais, rastreabilidade de embalagens) para reduzir a fragmentação dos dados.
- Redução na fonte: práticas como estoques inteligentes, reembalagem, doação de excedentes e venda de produtos próximos ao vencimento.
- Valorização de orgânicos e recicláveis: investir em compostagem, biodigestores e tecnologias de separação automática de embalagens, reduzindo custos de envio a aterros.
- Certificações ambientais como diferencial competitivo: selos como Lixo Zero e Aterro Zero reforçam reputação corporativa e atraem consumidores conscientes.
- Indução de hábitos de consumo sustentável: engajar fornecedores e clientes em campanhas educativas, embalagens retornáveis e marketing verde.

### 3.6.2 Para o setor público (políticas urbanas)

- Fortalecimento da PNRS e da Estratégia Nacional de Economia Circular: exigir planos de gerenciamento e relatórios digitais padronizados de grandes geradores.
- Integração dos supermercados nas políticas municipais: criar parcerias público-privadas para coleta seletiva, compostagem descentralizada e campanhas educativas.

- Incentivos econômicos: benefícios fiscais a empresas que valorizem resíduos (reciclagem/compostagem) e penalidades para destinação a aterros.
- Inclusão social: obrigatoriedade de destinar parte dos recicláveis às cooperativas, gerando trabalho e renda.
- Uniformização regulatória: reduzir diferenças entre municípios sobre a classificação e responsabilidades de grandes geradores.

### 3.6.3 Para a gestão de resíduos urbanos

- Modelo integrado supermercado–domicílio: o estudo mostra que os resíduos descartados nas lojas (quebras) são estruturalmente os mesmos que aparecem na coleta seletiva domiciliar. Isso permite alinhar fluxos de grandes e pequenos geradores.
- Uso de rastreabilidade digital: QR Codes, RFID e blockchain aplicados às embalagens para integrar dados de fornecedores, supermercados, consumidores e cooperativas.
- Benefícios econômicos e ambientais combinados: redução de perdas financeiras (ex.: R$ 4,5 milhões de uma loja em SP), diminuição de 60% dos resíduos destinados a aterros e geração de receita pela comercialização de recicláveis.

### 3.6.4 Para inovação tecnológica

- Avanço em sistemas digitais de gestão ambiental (ERP’s sustentáveis, *analytics*, IA para prever sazonalidade de resíduos).
- Tecnologias para resíduos orgânicos (compostagem mecanizada, biodigestores, coprocessamento).
- Automação da triagem (trituradores, peneiras vibratórias, descaracterizadores de embalagens).
- Inteligência analítica e preditiva para transformar dados em decisões estratégicas e otimizar custos.

## 3.7 Considerações Finais

Conclui-se que a presente pesquisa atingiu plenamente seus objetivos ao analisar a gestão de resíduos em supermercados sob uma ótica estratégica, demonstrando que a investigação destes estabelecimentos constitui uma oportunidade fundamental para o desenvolvimento de estratégias urbanas e para a formulação de políticas públicas aliadas à economia circular. A análise evidenciou que os supermercados, na condição de grandes geradores, desempenham um papel central na transição para cidades circulares, justificando-se tanto pela capacidade de reduzir perdas econômicas quanto pela influência exercida sobre os demais elos da cadeia, como consumidores, fornecedores e gestores públicos. Além disso, as avaliações qualitativas e quantitativas que permitiram diagnosticar a predominância de práticas reativas, ainda focadas no descarte final, ao mesmo tempo em que revelaram oportunidades latentes para a valorização de resíduos orgânicos e recicláveis, acrescido a necessidade crítica de padronização de dados e a digitalização dos processos para viabilizar a integração da cadeia de consumo.

Nesse contexto, é necessário reconhecer as limitações metodológicas do estudo, que, embora não invalidem os achados para o contexto analisado, restringem a generalização imediata dos resultados. A restrição da amostra a sete lojas em um universo vasto e o recorte temporal curto impediram a observação de variações sazonais e estruturais, limitando a representatividade estatística. Adicionalmente, a dependência de dados auto relatados e a despadronização das informações geraram incertezas e lacunas que, somadas a complexidade metodológica impõem desafios a replicação do estudo em outros cenários. Contudo, a pesquisa manteve seu vigor ao utilizar uma unidade de referência indicada pela própria rede como representativa, o que sustentou a validade das análises realizadas.

Apesar dessas restrições, o estudo oferece contribuições substanciais tanto para a prática empresarial quanto para a esfera pública, fortalecendo o entendimento de que os grandes geradores são peças chave para acelerar a transição do Brasil rumo a cidades mais sustentáveis e resilientes. Ao indicar rotas concretas para valorização dos resíduos e propor um modelo integrado de gestão que conecta supermercados e domicílios, a pesquisa reconhece a interdependência entre fluxos comerciais e domésticos, consolidando a visão de que a atuação estratégica sobre os grandes geradores é essencial para a efetivação da circularidade urbana.

Por fim, o estudo das perdas por **quebra** oferece uma lição crítica para a gestão dos resíduos domiciliares por conta da ineficiência gerada pela contaminação cruzada. Ficou evidente que a descaracterização adequada (separação entre conteúdo e embalagem) para o destino do resíduo é o aterro sanitário, independentemente do volume gerado. Isso permite afirmar que o sucesso das políticas públicas para pequenos geradores não reside apenas na logística de coleta, mas na exigência de uma triagem doméstica mais adequada e consciente. Sem que o cidadão replique a eficiência de segregação buscada pelo grande gerador, a circularidade urbana permanecerá inviável econômica e tecnicamente.

Embora essa pesquisa tenha atingido os seus objetivos, recomenda-se a realização de estudos futuros que ampliem o espaço metodológico, estendendo a amostra a outras redes e formatos de supermercados, como pequenas e médias empresas, e adotando abordagens longitudinais para captar variações sazonais e estruturais na geração de resíduos. Paralelamente, destaca se a oportunidade crítica para o desenvolvimento e teste de tecnologias emergentes, tais como sistemas de separação automática, rotulagem inteligente e integração digital de dados ao longo da cadeia de fornecimento, visando superar as lacunas de padronização e rastreabilidade identificadas neste estudo.

Em termos institucionais e sociais, sugere-se a investigação aprofundada de modelos de cooperação entre supermercados, o poder público e cooperativas, focando tanto nos impactos ambientais enquanto na geração de renda e inclusão de catadores. Adicionalmente, o desenvolvimento de estudos comparativos internacionais permitirá identificar e adaptar boas práticas de cidades circulares ao contexto brasileiro, fortalecendo as políticas públicas locais e acelerando a transição para modelos de **lixo zero** e **aterro zero**, consolidando assim o papel estratégico do setor supermercadista na circularidade urbana.

## REFERÊNCIAS

Plano Nacional de Resíduos Sólidos (PLANARES). **Brasília**: Ministério do Meio Ambiente, 2021. Disponível em:https://sinir.gov.br/informacoes/plano-nacional-de-residuos-solidos/. Acesso em: 12 de junho de 2023.

ABNT – Associação Brasileira de Normas Técnicas – NBR 10004:2004. **Resíduos sólidos-classificação**-Rio de Janeiro

ABRAS–ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE SUPERMERCADOS. **Revista Super Hiper**, n. 582, ano 51, julho 2025. Disponível em: < https://superhiper.abras.com.br/pdf/315.pdf?v=2507210125>. Acesso em: 04 julho 2025.

ABREMA - Associação Brasileira de Resíduos e Meio Ambiente. **Panorama dos resíduos sólidos no brasil, 2023.** Disponível em: https://www.abrema.org.br/panorama/. Acesso em:24 de outubro de 2024.

BRASIL. **Decreto nº 12.082/2024**, de 27 de junho de 2024. Institui a Estratégia Nacional de Economia Circular. Disponível em: https://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2023-2026/2024/decreto/D12082.htm. Acesso em: 20 de janeiro de 2025.

BRASIL. **Decreto nº 13.653**, de 26 de setembro de 2018 – Disponível em: https://www.legisweb.com.br/legislacao/?id=367779. Acesso em: janeiro de 2023.

BRASIL. **Decreto nº 20.227**, de 23 de abril de 2019. Disponível em: https://prefeitura.poa.br/sites/default/files/usu_doc/sites/dmlu/grandes%20geradores/decreto_20227.pdf. Acesso em: janeiro de 2023

BRASIL. Lei nº 12.305 de 2 de agosto de 2010. **Institui a Política Nacional de Resíduos Sólidos**. Brasília, 2010. Disponível em http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2007-2010/2010/lei/l12305.htm . Acesso em: 12 de junho de 2023.

CAMPBELL-JOHNSTON, K. *et al*. **City level circular transitions**: Barriers and limits in Amsterdam, Utrecht and The Hague. Journal of Cleaner Production, v. 235, p. 1232–1239, out. 2019. Disponível em: https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0959652619320645. Acesso em: 05 de maio de 2024.

City of Amsterdam. (2023). **Circular Amsterdam**. Disponível em: https://www.amsterdam.nl/en/policy/sustainability/circular-economy.Acesso em: 12 de julho de 2023.

DEBASTIANI, Solange Maria. **Avaliação da gestão de resíduos sólidos de uma rede de supermercados no estado do Paraná como contribuição para um plano de gerenciamento**. In: Seminários em Administração, 19., [S. l.], nov. 2016. Anais. Disponível em https://login.semead.com.br/19semead/anais/arquivos/849.pdf: . Acesso em: 05 de julho de 2023.

European Commission. (2020). **A New Circular Economy Action Plan**: For a Cleaner and More Competitive Europe. Disponível em:https://ec.europa.eu/environment/circulareconomy/pdf/new_circular_economy_action_plan.pdf. Acessado em: 15 de junho de 2023.

INSTITUTO LIXO ZERO. **Conceito Lixo Zero**. 2018. Disponível em: http://ilzb.org/conceito-lixo-zero/. Acesso em: 19 de maio de 2023.

**Lei Municipal nº 14.973, de 11 de setembro de 2009** – Disponível em: http://legislacao.prefeitura.sp.gov.br/leis/lei-14973-de-11-de-setembro-de-2009. Acesso em: abril de 2023

**Lei Municipal nº 8.408 de 24 de dezembro de 1999** – Disponível em: https://sapl.fortaleza.ce.leg.br/ta/513/text?. Acessado em: junho de 2023.

Lei nº 14.026/2020 - **Novo Marco Legal do Saneamento**. Disponível em: https://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2019-2022/2020/lei/l14026.htm. Acesso em 01 de julho de 2023.

MELO, D. B. D. de; LINS, I. de O. **A Gestão dos resíduos sólidos e seus desafios: uma visão social, ambiental e econômica em redes atacadistas do município de Ilhéus, Bahia**. Revista Ibero-Americana de Humanidades, Ciências e Educação, [S. l.], v. 8, n. 11, p. 2718–2734, 2022. DOI: 10.51891/rease.v8i11.7864. Disponível em: https://www.periodicorease.pro.br/rease/article/view/7864. Acesso em: 5 de julho 2023.

MENDES, F.C.M. **Sustentabilidade no varejo**: as práticas ambientais e suas implicações na consolidação da marca institucional. 2012. 164 f. Dissertação (Pós-graduação em Ciências da Comunicação) – Escola de Artes e Comunicação, Universidade de São Paulo, São Paulo. 2012.

NASS, Gilmara. **Avaliação da gestão de resíduos sólidos de uma rede de supermercados em Nova Venécia**. Para revista: Revista Ifes Ciência, 2021. Disponível em: chrome-extension://efaidnbmnnnibpcajpcglclefindmkaj/https://repositorio.ifes.edu.br/bitstream/handle/123456789/1485/Artigo%20-%20Gilmara%20da%20Silva%20Santos%20Nass.pdf?sequence=1&isAllowed=y. Acesso em: 5 de julho 2023.

PIETZSCH, N. **Sustentabilidade nas empresas e filosofia lixo zero**. Ufrgs.br, 2016. Disponível em: https://lume.ufrgs.br/bitstream/handle/10183/150526/001008185.pdf?sequence=1&isAllowed=y. Acesso em: 10 de outubro de 2024

POLETTO, Luiza. **Metodologia de definição de grandes geradores de resíduos sólidos urbanos para o município de Florianópolis**. UFSC, 2018. 114 p. TCC (Graduação em Engenharia Sanitária e Ambiental). Faculdade de Engenharia da Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2018.

RIBEIRO, Ana Júlia; MORAES, Flávia Tuane Ferreira; LIMA, Renato da Silva. **Cidades Circulares: Uma Análise das Iniciativas de Economia Circular em Cidades Europeias**. Fortaleza: ABEPRO, 2023. Disponível em:

<https://abepro.org.br/biblioteca/TN_ST_407_2007_45457.pdf>. Acesso em: 28 de outubro de 2024.

ROBERT K. Yin. (2014). **Case Study Research Design and Methods (5th ed.). Thousand Oaks, CA**: Sage. 282 pages (PDF) Robert K. Yin. (2014). Case Study Research Design and Methods (5th ed.). Thousand Oaks, CA: Sage. 282 pages.

SABATINI, Rodrigo; WANDERLEY, Tainá. **Cidades Lixo Zero**. Florianópolis, SC: Instituto Lixo Zero Brasil, 2021. Disponível em: https://ambbrasilia.esteri.it/wp-content/uploads/2023/08/CIDADES-LIXO-ZERO-e-book-PT.pdf. Acesso em: 01 de março de 2025.

San Francisco Department of the Environment. (2023). **Zero Waste**. Disponível em: https://sfenvironment.org/zero-waste. Acessado em: 15 de junho de 2023

SAVINI, Federico. **The economy that runs on waste:** accumulation in the circular city. Journal of environmental policy & planning, v. 21, n. 6, p. 675-691, 2019.

SILVEIRA, J. H. P. & Andrade, D. F. (2017). (Orgs.). **Sustentabilidade e Responsabilidade Social. Belo Horizonte**, MG: Poisson. Disponível em: chrome-extension://efaidnbmnnnibpcajpcglclefindmkaj/https://www.conexaoambiental.pr.gov.br/sites/conexao-ambiental/arquivos_restritos/files/documento/2018-11/sustentabilidade_vol3.pdf. Acesso em: 15 de março de 2024.

SINIR - Sistema Nacional de Informações sobre a Gestão dos Resíduos Sólidos. **Brasília**: Ministério do Meio Ambiente, 2021. Disponível em: < https://sinir.gov.br/informacoes/sobre/>. Acesso em: 12 de junho de 2023.

SOUZA, Gabriela Romana; Arruda, José Nilton conserva de; Gomes, Ícaro da Silva; Araújo, Andressa Cassiano. **A política do lixo zero e o compromisso com a gestão dos resíduos sólidos e o desenvolvimento sustentável**. Geoconexões, [S. l.], v. 1, n. 18, p. 46–63, 2024. DOI: 10.15628/geoconexes.2024.14990. Disponível em: https://www2.ifrn.edu.br/ojs/index.php/geoconexoes/article/view/14990. Acesso em: 1 maio de 2025.

SRIVASTAVA, V. et al. An insight to municipal solid waste management of Varanasi city, India, and appraisal of vermicomposting as its efficient management approach. **Environmental Monitoring and Assessment**, v. 192, n. 3, 20 fev. 2020. Disponível em: https://www.researchgate.net/publication/339398877_An_insight_to_municipal_solid_waste_management_of_Varanasi_city_India_and_appraisal_of_vermicomposting_as_its_efficient_management_approach. Acesso em: 20 de maio de 2023.

TRENTO, Luiz Reni. **Requisitos, barreiras e lacunas para a redução do desperdício de alimentos no elo indústria-supermercados**. 2021. Disponível em: chrome-extension://efaidnbmnnnibpcajpcglclefindmkaj/https://www.repositorio.jesuita.org.br/bitstream/handle/UNISINOS/10800/Luiz+Reni+Trento_.pdf?sequence=1. Acesso em: 14 de maio de 2024.

TSUI, T., Furlan, C., Wandl, A. *et al*. **Spatial Parameters for Circular Construction Hubs: Location Criteria for a Circular Built Environment.** Circ.Econ.Sust. 4, 317–

338 (2024). Disponível em: https://doi.org/10.1007/s43615-023-00285-y. Acesso em: 12 de abril de 2024.

UFRGS. Núcleo de Inteligência para Projetos e Sistemas (NIPROS). **Resumo Plano de Trabalho REDE– 14-09**. Porto Alegre: UFRGS, 2021. Relatório técnico.

UFRGS. Núcleo de Inteligência para Projetos e Sistemas (NIPROS). **Relatório do Diagnóstico REDE – 11-10**. Porto Alegre: UFRGS, 2021b. Relatório técnico.

UNEP. UNEP Food Waste Index Report 2021. Disponível em: <https://www.unep.org/resources/report/unep-food-waste-index-report-2021>. Acesso em: 10 de abril de 2024.

United Nations Environment Programme and International Solid Waste Association, **Global Waste Management Outlook 2024 - Beyond an age of waste**: Turning Rubbish into a Resource. Disponível em: https://wedocs.unep.org/20.500.11822/44939. Acessado em: 23/10/2024.

VALENZUELA-FERNÁNDEZ, Leslier; ESCOBAR-FARFÁN, Manuel. **Zero-waste management and sustainable consumption**: a comprehensive bibliometric mapping analysis. Sustainability, v. 14, n. 23, p. 16269, 2022.

VAROTTO, L. F. **Varejo no Brasil – Resgate Histórico e Tendências**. ReMark - Revista Brasileira de Marketing, [S. l.], v. 17, n. 3, p. 429–443, 2018. DOI: 10.5585/remark.v17i3.3897. Disponível em: https://uninove.emnuvens.com.br/remark/article/view/12230. Acesso em: 10 de agosto de 2024.

WILLIAMS, Joanna. **Circular cities**: Challenges to implementing looping actions. Sustainability, v. 11, n. 2, p. 423, 2019.

WILLIAMS, Joanna. **Circular Cities**: What Are the Benefits of Circular Development? Sustainability, v. 13, n. 10, p. 5725, 2021.

ZERO WASTE INTERNATIONAL ALLIANCE. **Definition** Zero Waste. 2018. Disponível em: https://zwia.org/zero-waste-definition/. Acesso em: 19 de maio de 2023.

# 4 CONSIDERAÇÕES FINAIS

A presente dissertação atingiu plenamente seu objetivo geral de analisar como a gestão de resíduos supermercadistas reflete a dinâmica urbana, visando criar diretrizes para políticas públicas integradas em cidades circulares.

O estudo confirmou a hipótese central de que a análise desagregada dos fluxos nestes grandes geradores permite identificar padrões operacionais e comportamentais análogos à dinâmica domiciliar, posicionando os supermercados como unidades piloto estratégicas para a gestão integrada de resíduos nas cidades.

O alcance dos objetivos específicos e a resposta à questão de pesquisa foram construídos por meio da articulação entre a revisão teórica e o estudo de caso. Esses estão estruturados, respectivamente, nos artigos apresentados nos capítulos 2 e 3, nos quais a investigação se desenvolveu em duas frentes complementares que, ao final, convergem para um modelo integrado de gestão.

No primeiro artigo (Capítulo 2), buscou-se avaliar como a literatura internacional aborda os resíduos sólidos urbanos no contexto das cidades circulares. A revisão da literatura evidenciou que as pesquisas atuais tendem a privilegiar setores industriais e da construção civil, negligenciando o papel do varejo e dos fluxos domiciliares cotidianos. Identificou-se uma predominância de abordagens focadas em estratégias proativas e tecnológicas, muitas vezes distantes da realidade operacional de países em desenvolvimento. O artigo cumpriu com o objetivo de identificar as principais abordagens teóricas, revelando uma lacuna significativa: a ausência de análises que conectem os grandes geradores comerciais aos pequenos geradores residenciais.

No segundo artigo (Capítulo 3), a pesquisa adentrou na realidade empírica ao avaliar as práticas de gestão em uma rede supermercadista de abrangência nacional. Os resultados deste estudo de caso contrastaram com o cenário idealizado da literatura, revelando a predominância de estratégias reativas, onde cerca de 60% dos resíduos ainda são destinados a aterros sanitários. A análise das **quebras** (produtos avariados ou vencidos) foi determinante para atingir o objetivo de verificar oportunidades de aprimoramento de políticas públicas. Constatou-se que os resíduos gerados nos supermercados são estruturalmente idênticos, em composição e tipologia, aos resíduos da coleta seletiva domiciliar.

Dessa forma, a integração entre os dois artigos permitiu demonstrar que, enquanto a teoria da Cidade Circular (Artigo 1) oferece o horizonte normativo, a

análise prática dos supermercados (Artigo 2) expõe os gargalos reais como a despadronização de dados e a dependência da terceirização que precisam ser superados para a efetivação da circularidade.

Confirmou-se que a análise desagregada dos resíduos supermercadistas impacta a gestão urbana de resíduos ao revelar que esses estabelecimentos concentram os mesmos desafios de triagem e destinação enfrentados nos domicílios. Esse diagnóstico permite que gestores públicos desenhem políticas de resíduos domiciliares baseados em dados concretos extraídos dos grandes geradores, transformando a gestão reativa atual em um modelo preditivo e integrado de cidade circular.

Quanto a **Contribuição teórica,** a pesquisa preencha a lacuna identificada no Artigo 1 ao inserir os supermercados no debate das cidades circulares, deslocando o foco tradicional da indústria para o varejo como elo estruturante do metabolismo urbano.

Como **contribuição prática,** a partir do diagnóstico do Artigo 2 foram propostas estratégias de ecoeficiência como a padronização digital de dados, a automação da segregação e a valorização energética de orgânicos, visando reduzir as perdas econômicas e ambientais identificadas.

Para **políticas públicas,** o trabalho evidencia a necessidade de integrar os grandes geradores às políticas municipais de resíduos. Propõe-se a exigência regulatória de planos de gerenciamento padronizados e o fomento a parcerias público-privadas que incluam cooperativas, reconhecendo o supermercado como agente de indução de comportamento sustentáveis na cadeia de consumo.

É necessário reconhecer as limitações inerentes à pesquisa. O recorte temporal do estudo de caso restringiu a observação de variações sazonais de longo prazo, e a amostra limitada a sete lojas de uma única rede, embora representativa do modelo de negócio atacadista, requer cautela na generalização para outros formatos de varejo. Adicionalmente, a heterogeneidade e a falta de padronização nos dados primários fornecidos pela empresa, conforme detalhado no Capítulo 3, impuseram desafios à precisão das análises quantitativas.

Para avançar na temática, sugere-se como estudos futuros novas investigações que possam ampliar o espaço para redes de diferentes portes e formatos, permitindo análises comparativas mais robustas. Estudos longitudinais são recomendados para capturar a sazonalidade e a evolução das práticas de gestão.

Além disso, há um campo fértil para pesquisas sobre a aplicação de tecnologias emergentes, como *blockchain* para rastreabilidade de embalagens e inteligência artificial para a previsão de quebras, bem como a avaliação de modelos de impacto social envolvendo a integração de catadores na logística reversa do varejo.

Em suma, esta dissertação conclui que a transição de um modelo linear para uma cidade circular no contexto brasileiro passa, necessariamente pelo reconhecimento dos supermercados não apenas como pontos de venda, mas como nós críticos de transformação de materiais e informações. A gestão eficiente destes grandes geradores é, portanto, uma alavanca indispensável para a sustentabilidade urbana e a concretização das metas de Aterro Zero.

## REFERÊNCIAS

ABRELPE, 2022, **Panorama dos resíduos sólidos no Brasil**, Associação Brasileira das Empresas de Limpeza Pública e Resíduos Especiais. Disponível em: https://abrelpe.org.br/download-panorama-2022. Acesso em: 11 de dezembro de 2022.

ABREMA, 2024, **Panorama dos resíduos sólidos no Brasil**, Associação Brasileira de Resíduos e meio ambiente. Disponível em: https://www.abrema.org.br/panorama/. Acesso em: 01 de maio de 2025.

ABREMA, 2025, **Panorama dos resíduos sólidos no Brasil**, Associação Brasileira de Resíduos e meio ambiente. Disponível em: https://www.abrema.org.br/panorama/. Acesso em: 01 de dezembro de 2025.

ALVES, Josivan Leite *et al.* **Economia Circular e Energias Renováveis**: uma análise bibliométrica da literatura internacional. Interações (Campo Grande), v. 23, n. 2, p. 267-283, 2022. Disponível em: https://www.scielo.br/j/inter/a/kRtjCTkLDzHwmCNJWbwXmrd/. Acesso em:20/04/2025

ANGELO, C. F. DE .; JOÃO PAULO DE LARA, S.; FÁVERO, L. P. L.. **As compras não planejadas em supermercados**: a importância do tempo e da organização da loja na determinação dos gastos. Revista de Administração Contemporânea, v. 7, n. 3, p. 149–162, jul. 2003. Disponível em: https://www.scielo.br/j/rac/a/Bm4btZt3XqQn849NgchsGWM/. Acesso em: 10 de março de 2025.

BRASIL. Lei nº 12.305 de 2 de agosto de 2010. **Institui a Política Nacional de Resíduos Sólidos**. Brasília, 2010. Disponível em http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2007-2010/2010/lei/l12305.htm . Acesso em: 12 de junho de 2023.

CERETTA, S. B.; FROEMMING, L. M. S. **O Papel dos Supermercados na Etapa da Geração e Descarte do Lixo e o Reflexo na questão Ambiental**. Desenvolvimento em Questão, v. 11, n. 24, p. 235, 4 nov. 2013. Disponível em: https://www.researchgate.net/publication/315904886_O_Papel_dos_Supermercados_na_Etapa_da_Geracao_e_Descarte_do_Lixo_e_o_Reflexo_na_questao_Ambiental. Acesso em: 01 de maio de 2025

COSTA, L. I. da S.; SALES, D. da S.; CORREIA, V. G.; SALES, C. M. R.; NUNES, C. H.; CHAVES, G. de C. **O aterro zero como contribuição à agenda 2030**: um estudo de caso em uma empresa de óleo e gás no município de Rio das Ostras – RJ. Caderno Pedagógico, [S. l.], v. 21, n. 3, p. e3155, 2024. DOI: 10.54033/cadpedv21n3-071. Disponível em: https://ojs.studiespublicacoes.com.br/ojs/index.php/cadped/article/view/3155. Acesso em: 01 de maio de 2025.

CUSTÓDIO, Maraluce Maria; JUNQUEIRA, José Claudio; MANRIQUE, Jorge Isaac Torres. **Resíduo zero para a economia circular**: a importância dos municípios e de suas políticas públicas de economia circular. Veredas do Direito, v. 21, p. e212656,

2024. Disponível em: https://www.scielo.br/j/vd/a/xLbydzF5YChQ5MK7WwwH5GJ/abstract/?format=htmllang=pt. Acesso em: 01 de maio de 2025.

D'ADAMO, I. *et al.* **Sustainable food waste management in supermarkets**. Sustainable Production and Consumption, v. 43, p. 204–216, 1 dez. 2023. Disponível em: https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S2352550923002567. 10 de julho de 2025.

DIAS, S. M**. Waste pickers and cities**. *Environment e Urbanization*, v. 28, n. 2, p. 375–390, 2016. Disponível em: https://doi.org/10.1177/0956247816657302. Acesso em: 6 maio 2025.

Ellen MacArthur Foundation. (2015). **Towards the Circular Economy**. Disponível em: https://www.ellenmacarthurfoundation.org/assets/downloads/publications/Ellen-MacArthur-Foundation-Towards-the-Circular-Economy-vol.1.pdf. Acesso em: 01 de dezembro de 2022

FARIAS OLIVEIRA, R.; FRAGOSO, A.; SCHRÖDER, N. **Plano de gestão de resíduos sólidos para uma rede de supermercados**. [s.l: s.n.]. Disponível em: <https://www.ibeas.org.br/congresso/Trabalhos2020/III-013.pdf>. Acesso em: 27 de abril 2025.

FECOMERCIO. **Destinação adequada de resíduos em supermercados catarinenses** chega a 97%. Fecomercio- Federação do comércio de bens, serviços e turismo do estado de São Paulo, 2017. Disponível em: https://www.fecomercio.com.br/noticia/destinacao-adequada-de-residuos-em-supermercados-catarinenses-chega-a-97. Acesso em: 10 de janeiro de 2025

FEIFERYTĖ-SKIRIENĖ, Akvilė; STASIŠKIENĖ, Žaneta. **Seeking circularity**: Circular urban metabolism in the context of industrial symbiosis. Sustainability, v. 13, n. 16, p. 9094, 2021.

FERRARI, Renata Andressa. **Incineração de resíduos sólidos para recuperação de energia e seus impactos ambientais**: um estudo de revisão no Brasil. 2021. Disponível em: https://repositorio.uergs.edu.br/xmlui/handle/123456789/1843. Acesso em: 10 de abril de 2025.

FREITAS, M. F., Pires, M. M., e Benincá, D. (2024). **Fragilidades e potencialidades na gestão dos resíduos sólidos urbanos no Brasil**. urbe. Revista Brasileira de Gestão Urbana, v.16, e20230271. Disponível em: https://doi.org/10.1590/2175-3369.016.e20230271. Acesso em : 10 de março de 2025

GALÁN-CANO, Lucía *et al.* **Exploring energy scenarios and driving forces of CO2 emissions of regions**: The case of a southern region of Spain through LEAP analysis. Energy Reports, v. 13, p. 4563-4585, 2025.

GERHARDT, Tatiana Engel; SILVEIRA, Denise Tolfo (org.). **Métodos de Pesquisa**. 1ª Ed. Porto Alegre: Editora da UFRGS, 2009.

Gil, A.C., 2017. **Como elaborar projetos de pesquisa**. (6 ed). São Paulo: Atlas.

GOUVEIA, Nelson. **Resíduos sólidos urbanos**: impactos socioambientais e perspectiva de manejo sustentável com inclusão social. Ciência e saúde coletiva, v. 17, p. 1503-1510, 2012. Disponível em: https://www.scielo.br/j/csc/a/y5kTpqkqyY9Dq8VhGs7NWwG/. Acesso em:10 de março de 2025.

HESHMATI, Almas; RASHIDGHALAM, Masoomeh. **Assessment of the urban circular economy in Sweden**. Journal of Cleaner Production, v. 310, p. 127475, 2021.

KOPP, Mira; PETIT-BOIX, Anna; LEIPOLD, Sina. **Municipal circular economy indicators**: Do they measure the cities' environmental ambitions?. Sustainable Production and Consumption, v. 50, p. 431-444, 2024. Disponível em: https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S2352550924002367. Acesso em: 10 de abril de 2025.

LAKATOS, Elena Simina *et al.* **Conceptualizing core aspects on circular economy in cities**. Sustainability, v. 13, n. 14, p. 7549, 2021.

LINDER, M.; SARASINI, S.; VAN LOON, P. A **Metric for Quantifying Product-Level Circularity**. Journal of Industrial Ecology, v. 21, n. 3, p. 545–558, 2017.

MAGALHÃES, R. C. et al. **Metabolismo urbano e gestão de resíduos sólidos**: um diálogo necessário à gestão de cidades. Research Society and Development, v. 11, n. 2, p. e18311213428-e18311213428, 22 jan. 2022. Disponível em: https://www.researchgate.net/publication/358067337_Metabolismo_urbano_e_gestao_de_residuos_solidos_um_dialogo_necessario_a_gestao_de_cidades. Acesso em: 15 de maio de 2023.

MARINHO, Simone Danielle Aciole Morais; GALVÃO, Carlos de Oliveira; MIRANDA, Lívia Izabel Bezerra de. **A cidade sensível à água sob a perspectiva do metabolismo urbano e da análise da produção do espaço**. Engenharia Sanitaria e Ambiental, v. 25, p. 727-737, 2020. Disponível em: https://www.scielo.br/j/esa/a/V8TqbXyD6bjCHFqVn9S3Dhy/. Acesso em: 15 de abril de 2025.

MARRUCCI L, Marchi M, Daddi T. **Improving the carbon footprint of food and packaging waste management in a supermarket of the Italian retail sector**. Waste Management (New York, N.Y.). 2020 Mar;105:594-603. DOI: 10.1016/j.wasman.2020.03.002. PMID: 32199583. Disponível em: https://europepmc.org/article/med/32199583. Acesso em: 10 de julho de 2025.

MENDES, F.C.M. **Sustentabilidade no varejo**: as práticas ambientais e suas implicações na consolidação da marca institucional. 2012. 164 f. Dissertação (Pós-graduação em Ciências da Comunicação) – Escola de Artes e Comunicação, Universidade de São Paulo, São Paulo. 2012.

MORAES, F. T. F. *et al.* **Transitioning towards a sustainable circular city**: How to evaluate and improve urban solid waste management in Brazil. 2022.

MUCELIN, Carlos Alberto; BELLINI, Marta. **Lixo e impactos ambientais perceptíveis no ecossistema urbano**. Sociedade e natureza, v. 20, p. 111-124,

2008. Disponível em: https://www.scielo.br/j/sn/a/q3QftHsxztCjbWxKmGBcmSy/?format=html. Acesso em: 20 de março de 2025.

PAIHO, Satu *et al.* **Creating a Circular City–An analysis of potential transportation, energy and food solutions in a case district**. Sustainable Cities and Society, v. 64, p. 102529, 2021.

PETIT-BOIX, A.; LEIPOLD, S. **Circular economy in cities**: Reviewing how environmental research aligns with local practices. Journal of Cleaner Production, v. 195, p. 1270–1281, set. 2018. Disponível em: https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0959652618316408?via%3Dihub. Acesso em: 10 de abril de 2025.

PIETZSCH, N.; RIBEIRO, J. L. D.; DE MEDEIROS, J. F. **Benefits, challenges and critical factors of success for Zero Waste**: A systematic literature review. Waste Management, v. 67, p. 324–353, set. 2017. Disponível em: https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0956053X17303069?utm_source=chatgpt.com. Acesso em:01 de março de 2025.

PRENDEVILLE, Sharon; CHERIM, Emma; BOCKEN, Nancy. **Circular cities:** Mapping six cities in transition. Environmental innovation and societal transitions, v. 26, p. 171-194, 2018.

PV MAGAZINE AUSTRALIA. **Coles trials first zero-waste-to-landfill supermarket**. PV Magazine Australia, 2019. Disponível em: https://www.pv-magazine-australia.com/press-releases/coles-trials-first-zero-waste-to-landfill-supermarket/. Acesso em: 2 de maio 2025.

RESÍDUOS SÓLIDOS URBANOS. (n.d.). **Ministério do Meio Ambiente e mudança do clima.** https://www.gov.br/mma/pt-br/assuntos/meio-ambiente-urbano-recursos-hidricos-qualidade-ambiental/residuos-solidos-urbanos. Acesso em: 01 de maio de 2025.

RODRIGUES, Margarida; FRANCO, Mário. **The role of citizens and transformation of energy, water, and waste infrastructure for an intelligent, sustainable environment in cities**. Smart and Sustainable Built Environment, 2021.

SABATINI, Rodrigo; WANDERLEY, Tainá. **Cidades Lixo Zero**. Florianópolis, SC: Instituto Lixo Zero Brasil, 2021. Disponível em: https://ambbrasilia.esteri.it/wp-content/uploads/2023/08/CIDADES-LIXO-ZERO-e-book-PT.pdf. Acesso em: 01 de março de 2025.

SOUZA, GABRIELA ROMANA; ARRUDA, JOSÉ NILTON CONSERVA DE; GOMES, ÍCARO DA SILVA; ARAÚJO, ANDRESSA CASSIANO. **A política do lixo zero e o compromisso com a gestão dos resíduos sólidos e o desenvolvimento sustentável**. Geoconexões, [S. l.], v. 1, n. 18, p. 46–63, 2024. DOI: 10.15628/geoconexes.2024.14990. Disponível em: https://www2.ifrn.edu.br/ojs/index.php/geoconexoes/article/view/14990. Acesso em: 1 maio de 2025.

TAMBOLI, T. S.; VAIUDE, N.; RAISONI, H. **A multidimensional analysis of economic, environmental, and social implications of transitioning from landfill-based waste disposal to a zero-landfill model**. *International Journal of Progressive Research in Science and Engineering*, [S.l.], v. 4, n. 9, p. 10–16, 2023. Disponível em: https://journal.ijprse.com/index.php/ijprse/article/view/983. Acesso em: 1 de maio de 2025.

ULGIATI, S.; ZUCARO, A. **Challenges in Urban Metabolism**: Sustainability and Well-Being in Cities. Frontiers in Sustainable Cities, v. 1, 16 maio 2019. Disponível em: https://www.frontiersin.org/journals/sustainablecities/articles/10.3389/frsc.2019.00001/full. Acesso em: 15 de julho de 2023.

WILLIAMS, Joanna. **Circular cities:** Challenges to implementing looping actions. Sustainability, v. 11, n. 2, p. 423, 2019.

YANG, Y. *et al.* **Food waste management for the UK grocery retail sector—a supply chain collaboration perspective**. Production Planning e Control, v. 35, n. 15, p. 1–14, 27 jun. 2023. Disponível em: https://www.tandfonline.com/doi/epdf/10.1080/09537287.2023.2226622?needAccess=true. Acesso em: 10 de julho de 2025.

ZAGO, V. C. P.; BARROS, R. T. DE V.. **Gestão dos resíduos sólidos orgânicos urbanos no Brasil**: do ordenamento jurídico à realidade. Engenharia Sanitaria e Ambiental, v. 24, n. 2, p. 219–228, mar. 2019.