

DESENVOLVIMENTO E IMPLEMENTAÇÃO DE MODELAGEM PARA OTIMIZAÇÃO DOS SISTEMAS DE LOGÍSTICA REVERSA

PRODUTO 4
VERSÃO 02

CARACTERIZAÇÃO GRAVIMÉTRICA
DOS RESÍDUOS DE EMBALAGEM EM
BELO HORIZONTE/MG

30 de maio de 2025

Realização:



Apoio:



ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 3-1 – Fluxograma dos resíduos alvos do estudo.....	11
Figura 5-1 – Exemplo da distribuição dos distritos da regional Leste.	18
Figura 5-2 – Tipologia de Uso e Ocupação.....	18
Figura 5-3 – Seleção da carga.	21
Figura 5-4 – Seleção da carga.	21
Figura 5-5 – Número e média de caminhões que entraram no CTR Macaúbas durante a gravimetria Novo Ciclo.	22
Figura 5-6 – Manobra de descarga do resíduo na manta.	27
Figura 5-7 – Homogeneização.	27
Figura 5-8 – Separação da massa em 4 partes iguais.....	27
Figura 5-9 – Enchimento dos contêineres.....	27
Figura 5-10 – Pesagem dos contêineres.....	29
Figura 5-11 – Resíduos sendo dispostos na mesa de separação.....	29
Figura 5-12 – Triagem de embalagens.	29
Figura 5-13 – Triagem de embalagens.	29
Figura 5-14 – Pesagem das embalagens por tipo de material.	30
Figura 5-15 – Pesagem das embalagens por tipo de material.	30
Figura 5-16 – Separação por setores.....	31
Figura 5-17 – Separação por setores.....	31
Figura 5-18 – Fluxograma da análise estatística inferencial.	34
Figura 6-1 – Diagrama com resultados obtidos na caracterização gravimétrica.	35
Figura 6-3 – Divisão setorial das embalagens encontradas nas amostras do estudo...	38
Figura 6-4 – Embalagens de diversos setores encontradas nas amostras do estudo. .	38
Figura 6-2 – Composição gravimétrica dos resíduos de embalagens no RDO em Belo Horizonte, por tipo de material.	39
Figura 6-5 – Embalagens plásticas setorizadas.....	40



Figura 6-6 – Plástico alimento.....	40
Figura 6-7 – Plástico bebida.....	40
Figura 6-8 – Plástico material de limpeza.	40
Figura 6-9 – Plástico higiene pessoal.....	40
Figura 6-10 – Plástico outros.	40
Figura 6-11 – Embalagens de papel setorizadas.	42
Figura 6-12 – Papel alimento.	42
Figura 6-13 – Papel bebida.	42
Figura 6-14 – Papel material de limpeza.....	42
Figura 6-15 – Papel higiene pessoal.....	42
Figura 6-16 – Papel outros.....	42
Figura 6-17 – Embalagens de metal setorizadas.	44
Figura 6-18 – Metal alimento.....	44
Figura 6-19 – Metal bebida.	44
Figura 6-20 – Metal outros.	44
Figura 6-21 – Embalagens de vidro setorizadas.	45
Figura 6-22 – Vidro alimento.....	46
Figura 6-23 – Vidro bebida.....	46
Figura 6-24 – Munha de vidro encontrada na manta após o quarteamento.....	46
Figura 6-25 – Munha de vidro encontrada na manta após o quarteamento.....	46
Figura 6-26 – Embalagens não recicláveis setorizadas.	48
Figura 6-27 – Não reciclável alimento.....	48
Figura 6-28 – Não reciclável bebida.....	48
Figura 6-29 – Não reciclável material de limpeza.	48
Figura 6-30 – Não reciclável higiene pessoal.....	48
Figura 6-31 – Não reciclável outros.....	48



ÍNDICE DE QUADROS

Quadro 1-1 – Identificação da instituição.	8
Quadro 1-2 – Identificação da organização.....	8
Quadro 1-3 – Identificação do órgão público.....	8
Quadro 2-1 – Identificação da equipe.	9
Quadro 5-1 – Recursos materiais por etapa de processo.	16



ÍNDICE DE TABELAS

Tabela 5-1 – Amostras selecionadas por regional e distrito e suas características.	25
Tabela 6-1 – Média e desvio padrão de embalagens e não embalagens por regional. 36	
Tabela 6-2 – Média e desvio padrão de embalagens e não embalagens por perfil de regional.	37
Tabela 6-3 – Teste de Shapiro-Wilk para normalidade.	50
Tabela 6-4 – Comparação entre regionais por tipologia de embalagem.	50
Tabela 6-5 – Média e desvio padrão da quantidade de embalagens entre regionais por tipologia de embalagem.	51
Tabela 6-6 – Comparação da quantidade de embalagens entre áreas (comercial x residencial).	52
Tabela 6-7 – Média e desvio padrão da quantidade de embalagens entre perfis de regionais por tipologia de embalagem.	52



LISTA DE SIGLAS

ABIEF – Associação Brasileira da Indústria de Embalagens Plásticas Flexíveis;

Abrema – Associação Brasileira de Resíduos e Meio Ambiente;

ANOVA – Análise de Variância;

CeMAIS – Centro Mineiro de Alianças Intersetoriais;

CTR – Central de Tratamento de Resíduos;

DP – Desvio Padrão;

EPI – Equipamento de Proteção Individual;

IDH – Índices de Desenvolvimento Humano;

MPMG – Ministério Público de Minas Gerais;

PBH – Prefeitura de Belo Horizonte;

Planares – Plano Nacional de Resíduos Sólidos;

PMGIRS – Plano Municipal de Gestão Integrada de Resíduos Sólidos;

RDO – Resíduos Sólidos Domiciliares;

RSU – Resíduos Sólidos Urbanos;

SLU – Superintendência de Limpeza Urbana.



SUMÁRIO

ÍNDICE DE FIGURAS	2
ÍNDICE DE QUADROS.....	4
ÍNDICE DE TABELAS	5
LISTA DE SIGLAS.....	6
SUMÁRIO	7
1. IDENTIFICAÇÃO DOS RESPONSÁVEIS PELO PROJETO	8
2. EQUIPE TÉCNICA.....	9
3. APRESENTAÇÃO	10
4. INTRODUÇÃO À CARACTERIZAÇÃO GRAVIMÉTRICA.....	14
5. CARACTERIZAÇÃO GRAVIMÉTRICA NOVO CICLO	15
5.1. OBJETIVOS	15
5.1.1. <i>Objetivo geral</i>	15
5.1.2. <i>Objetivos específicos</i>	15
5.2. METODOLOGIA	15
5.2.1. <i>Equipamentos e mão de obra</i>	15
5.2.2. <i>Amostragem</i>	16
5.2.3. <i>Método de análise</i>	26
6. RESULTADOS	35
6.1. ANÁLISE GERAL	35
6.1.1. <i>Por regional</i>	35
6.1.1. <i>Por perfil</i>	37
6.2. POR SETOR INDUSTRIAL.....	37
6.3. POR TIPO DE MATERIAL	39
6.3.1. <i>Por tipo de material e Setor</i>	39
6.3.2. <i>Por Tipo de Material e Regional</i>	50
7. CONCLUSÃO	54
8. REFERÊNCIAS	56



1. IDENTIFICAÇÃO DOS RESPONSÁVEIS PELO PROJETO

Quadro 1-1 – Identificação da instituição.

Empresa	Instituto Macuco
CNPJ	05.236.804/0001-08
Endereço	Rua Cerro Cora, 550 Sala 09, Vila Romana, São Paulo/SP Cep: 05061-100
Telefone	(11) 2507-3799
E-mail	contato@institutomacuco.com.br

Quadro 1-2 – Identificação da organização.

Empresa	CeMAIS – Centro Mineiro de Alianças Intersetoriais
CNPJ	08.415.255/0001-27
Endereço	Rua Almirante Alexandrino, 245 - Gutierrez, Belo Horizonte/MG, Cep: 30441-036
Telefone	(31) 3370-6601
E-mail	contato@cemais.org.br

Quadro 1-3 – Identificação do órgão público.

Empresa	MPMG – Ministério Público de Minas Gerais
CNPJ	20.971.057/0001- 45
Endereço	Avenida Álvares Cabral, 1690. Santo Agostinho, Belo Horizonte/MG. Cep: 30170-001
Telefone	(31) 3330-8100
E-mail	ouvidoria@mpmg.mp.br



2. EQUIPE TÉCNICA

Quadro 2-1 – Identificação da equipe.

NOME DO PROFISSIONAL	CARGO
Henrique F. Ribeiro	Coordenador Geral
Cristiane Ferreira Pimenta	Supervisora de Equipes e Projetos
Pedro Assis Neto	Analista Ambiental Sênior
Bárbara Paulino	Advogada Sênior
Matheus Leste Pinheiro	Analista Ambiental Pleno
Rafael Quevedo Giraldi	Analista Ambiental Pleno
Miguel Alano	Economista Pleno
Bianca Alcantara	Analista Financeira Junior
Tiago Bernardes	Gestor do Contrato
Elci Pimenta	Relações Institucionais



3. APRESENTAÇÃO

O Projeto Novo Ciclo tem por objetivo contribuir para a ampliação da coleta seletiva em Belo Horizonte, através da **otimização da logística reversa de embalagens, unindo esforços de entidades privadas, do poder público e das organizações de catadores(as) de materiais recicláveis.**

A iniciativa é realizada pelo Instituto Macuco, com apoio do Ministério Público do Estado de Minas Gerais, através do CEMAIS por meio da Plataforma Semente.

Com uma abordagem inovadora o projeto busca fortalecer a coleta seletiva e a logística reversa de embalagens no município, de forma colaborativa. Ao promover a união de forças, a sustentabilidade, a inclusão social e a valorização do trabalho das(os) catadoras(es), o projeto não apenas visa estabelecer Belo Horizonte como um modelo de economia circular, mas também oferece uma estrutura replicável para outras cidades, ampliando o impacto positivo e promovendo práticas ambientais mais justas e eficazes em todo o país.

Alinhado ao Plano Municipal de Gestão Integrada de Resíduos Sólidos – PMGIRS e ao Plano Nacional de Resíduos Sólidos – Planares, o projeto Novo Ciclo representa um passo importante rumo a uma cidade mais sustentável.

A coleta seletiva de materiais recicláveis foi implantada na cidade de BH/MG na década de 1990 e, após mais de 20 anos de operação, ainda não obteve resultados satisfatórios, sendo responsável, em 2023, por destinar à reciclagem somente cerca de 1% da massa de resíduos domiciliares gerados no município.

Em 2017, com a publicação do PMGIRS, o diagnóstico elaborado à época apresentou um panorama que parece não ter se alterado significativamente ao longo dos anos, evidenciando a urgência de ações que mudem esse cenário. Dentre as metas importantes estabelecidas no PMGIRS, o envolvimento eficaz dos fabricantes de produtos que geram resíduos de embalagens ainda está distante de ser alcançada, resultando em sobrecarga para o poder público e subaproveitamento dos recursos destinados à coleta seletiva.

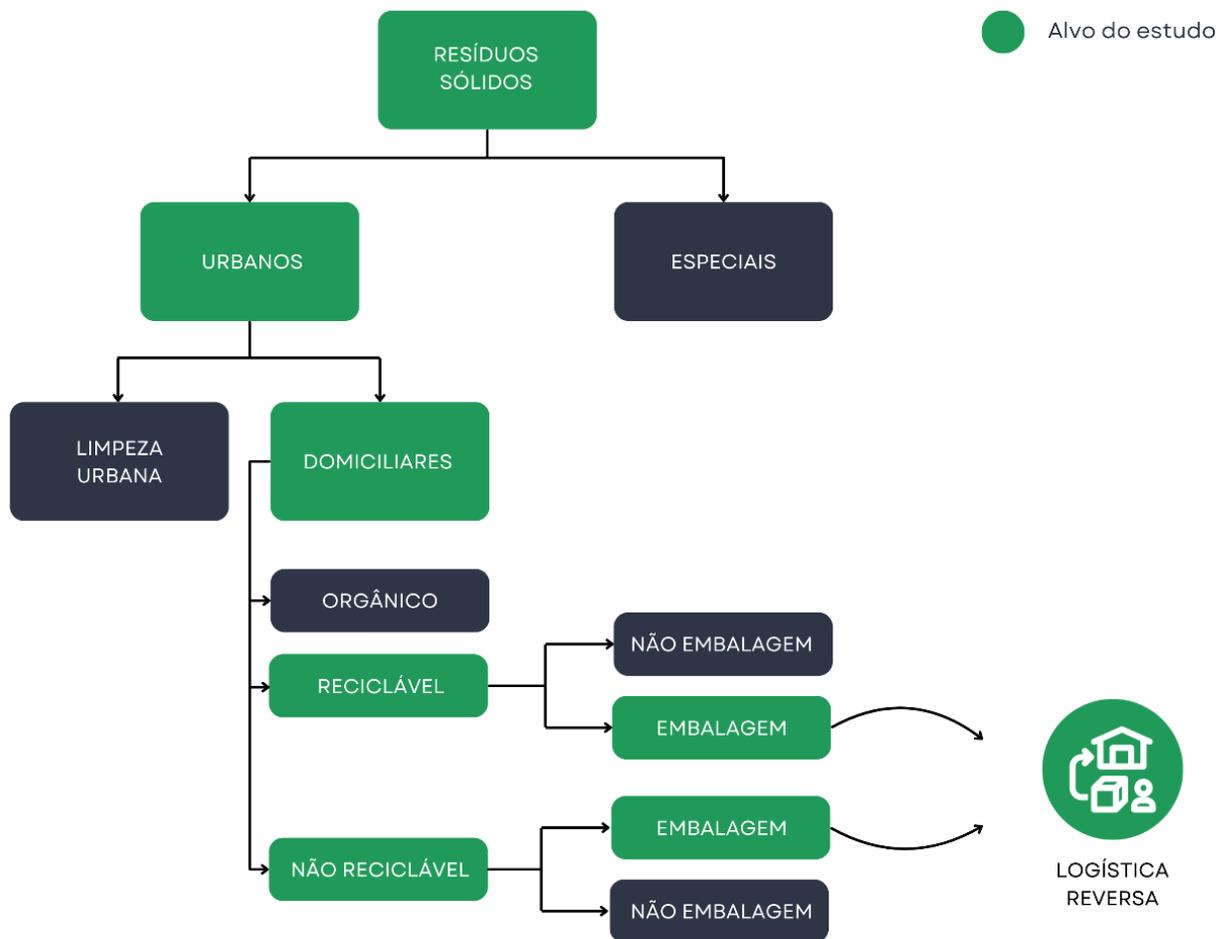
Em 2022, com a publicação do Plano Nacional de Resíduos Sólidos – Planares, reforçou-se a importância de implementar mecanismos eficientes de logística reversa, buscando o envolvimento eficaz de fabricantes de produtos que geram resíduos de embalagens descartados em BH.



Neste sentido, o Projeto Novo Ciclo visa responder a essas necessidades urgentes, alinhando-se às metas estabelecidas pelo PMGIRS e PLANARES propondo soluções que garantam a união de forças entre os agentes públicos e privados envolvidos na coleta seletiva e na logística reversa de embalagens.

Por essa razão, o Projeto concentra-se nos resíduos de embalagens presentes no Resíduo Domiciliar do Município (como demonstrado na **Figura 3-1**), visto que, embora sejam objeto da logística reversa, ainda são majoritariamente manejados pelo poder público.

Figura 3-1 – Fluxograma dos resíduos alvos do estudo.



Fonte: Os autores, 2024.



A expectativa é que o projeto contribua para a ampliação da coleta seletiva no município, com redução de custos para o poder público e com a ampliação da remuneração das(os) catadoras(es) pelo serviço ambiental prestado.

Para alcançar esses objetivos, a primeira fase do projeto será desenvolvida em etapas estruturadas, garantindo uma abordagem técnica e estratégica para a implementação das ações, a saber:

- **Etapa 1: Diagnóstico** – Consiste na análise do fluxo de resíduos de embalagens, abrangendo a logística reversa e a coleta seletiva em Belo Horizonte/MG. Utiliza dados secundários e primários públicos para mapear os principais agentes envolvidos, estimar a geração desses resíduos e identificar as ações realizadas. Dentre as atividades está contemplada a realização de caracterização gravimétrica para quantificar a presença de embalagens nos resíduos sólidos urbanos do município, fornecendo subsídios para as etapas seguintes.
- **Etapa 2: Desenvolvimento da Modelagem de Otimização** – Com base no diagnóstico será desenvolvida uma modelagem que estabelece critérios e mecanismos para otimizar a responsabilização dos fabricantes no sistema de logística reversa de embalagens, subsidiando ações do Ministério Público para garantir o cumprimento das obrigações legais.
- **Etapa 3: Assessoria Técnica à implementação** - Envolve a aplicação da modelagem de otimização desenvolvida, com suporte técnico ao Ministério Público durante as negociações e articulações junto aos entes responsáveis pela logística reversa. O objetivo é garantir a efetiva implementação da responsabilização e a operacionalização do sistema.

O desenvolvimento da primeira etapa (diagnóstico) consolida-se em 4 produtos, sendo eles:

- **Produto 1** - Cenário da Logística Reversa de Embalagens em Belo Horizonte;
- **Produto 2** - Estudo de Casos de Sistemas de Logística Reversa;
- **Produto 3** - Arcabouço Jurídico Aplicável à Logística Reversa no Brasil;
- **Produto 4** - Caracterização Gravimétrica dos Resíduos de Embalagem em Belo Horizonte/MG.

O presente relatório consubstancia o **Produto 4 – Caracterização Gravimétrica dos Resíduos de Embalagem em Belo Horizonte/MG**, formado pelos seguintes capítulos:

- Introdução à Caracterização Gravimétrica;



- Caracterização Gravimétrica Novo Ciclo
- Resultados;
- Conclusão.

Para além da consolidação dos estudos realizados, ação essencial para disseminação de informação e conhecimento, o Projeto Novo Ciclo busca fomentar o debate e incentivar a atuação ativa de todos os agentes envolvidos na gestão de resíduos de embalagens.

A implementação de um sistema eficiente de logística reversa não apenas reduz impactos ambientais e custos para o poder público, mas também fortalece a economia circular, valoriza o trabalho das(os) catadoras(es) e promove um modelo mais justo e sustentável.

Por isso, o foco principal do Projeto Novo Ciclo é gerar resultados concretos para a melhoria da coleta seletiva, do sistema de logística reversa de embalagens e das condições de trabalho e renda das(os) catadoras(es) de materiais recicláveis.

Com esse propósito, espera-se que o projeto contribua efetivamente para a construção de um modelo mais eficiente, justo e sustentável.



4. INTRODUÇÃO À CARACTERIZAÇÃO GRAVIMÉTRICA

O aumento da população e a correspondente geração de resíduos, juntamente com os desafios na implementação de soluções a curto prazo, tornam necessário um conhecimento mais preciso sobre os materiais presentes nos resíduos. Isso permite uma melhor análise da dinâmica envolvida em sua geração, descarte e possíveis formas de tratamento. Com um entendimento mais detalhado, torna-se viável estudar e propor soluções, além de avaliar os sistemas de gerenciamento atualmente em uso.

O gerenciamento de resíduos sólidos tem início com sua caracterização, que permite obter informações sobre a quantidade, qualidade e variações dos resíduos. Segundo Monteiro et al. (2001), a composição gravimétrica, também chamada de composição física, é um método para identificar os componentes dos resíduos sólidos em uma determinada localidade, expressando a proporção de cada elemento em relação ao total amostrado. Ainda de acordo com o autor, a composição dos resíduos pode diferir entre localidades devido a fatores sociais, econômicos, culturais, geográficos e climáticos, resultando em variações até mesmo entre regiões ou bairros dentro de uma mesma cidade.

A caracterização gravimétrica dos Resíduos Sólidos Domiciliares – RDO do município de Belo Horizonte, realizada pelo Projeto Novo Ciclo, foi elaborada para obter dados mais abrangentes dos resíduos de embalagens gerados na cidade, contemplando as 9 regiões administrativas do município seriam amostradas.

O presente estudo se correlaciona com a série de outros estudos gravimétricos já elaborados pelo CTR Macaúbas desde 2009, mesmo que estes adotem procedimento simplificado de amostragem, distinto de estudos específicos de gravimetria.

Dessa forma, espera-se que os resultados obtidos, através dos dados relacionadas à presença de resíduos embalagens, possam contribuir para a melhoria do gerenciamento de resíduos, incluindo a logística reversa no município de Belo Horizonte/MG.



5. CARACTERIZAÇÃO GRAVIMÉTRICA NOVO CICLO

5.1. Objetivos

5.1.1. Objetivo geral

O presente estudo tem por objetivo principal quantificar e avaliar os tipos de embalagens e seus setores produtores após serem descartadas e consumidas no município de Belo Horizonte, recolhidas por meio da coleta convencional, realizada pela Superintendência de Limpeza Urbana – SLU, visando a identificação da porção passível de logística reversa de embalagens.

5.1.2. Objetivos específicos

São objetivos específicos do estudo em pauta:

- Analisar qualitativamente as embalagens presentes nos RDOs coletados pelo Serviço de Limpeza Pública de Belo Horizonte;
- Analisar os resultados quantitativos e percentuais de participação de cada componente dos resíduos decorrentes da caracterização;
- Avaliar os setores industriais dos produtos que geraram os resíduos de embalagens, após serem descartados e consumidos no município de Belo Horizonte, recolhidos por meio da coleta domiciliar indiferenciada realizada pela SLU.

5.2. Metodologia

A pesquisa foi realizada entre os dias 10 de março de 2025 e 12 de maio de 2025 e contemplou os métodos e ferramentas descritos nos tópicos a seguir.

5.2.1. Equipamentos e mão de obra

Antes do início da caracterização gravimétrica a equipe técnica responsável por esse projeto realizou, no próprio CTR Macaúbas¹, treinamento dos envolvidos, nos dias 10 e 11 de março de 2025, visando garantir o atendimento completo da metodologia. Todos os profissionais envolvidos com o processo de caracterização gravimétrica fizeram uso dos EPIs exigidos de acordo com a atividade exercida.

¹ Aterro Sanitário no qual são dispostos os resíduos gerados no município de Belo Horizonte.



Para a execução das atividades de gravimetria e caracterização dos resíduos gerados nas Regionais de Belo Horizonte foi dimensionada uma equipe, composta por 01 coordenador, 01 analista técnico e 04 triadores de resíduos, integrantes de Associações de Catadoras(es) ou relacionadas à entidades de segundo nível de Catadoras(es).

Os recursos materiais utilizados em cada etapa são apresentados no **Quadro 5-1**.

Quadro 5-1 – Recursos materiais por etapa de processo.

ETAPA	RECURSOS MATERIAIS
Quarteamento e enchimento de contêineres	Escavadeira
	Caminhão com caçamba para transporte dos contêineres
	Manta onde foram espalhados os resíduos no pátio de descarga
	Lona para proteção do resíduo nos casos de coleta noturna
	Tenda
	Veículo com caçamba
Triagem primária e triagem por setor	Balança de torre
	Balanças de mão
	Sacos de lixo
	Pás
	Enxada
	Contêineres de 240 L
	Contêineres de 120 L
	Baldes de 12 L
EPIs	

5.2.2. Amostragem

A área selecionada para o estudo foi o município de Belo Horizonte, no qual o serviço de coleta domiciliar é executado nas 9 regiões administrativas por meio de 3 lotes de contrato, sendo:

- Lote 1: Barreiro, Centro-Sul e Oeste;
- Lote 2: Leste, Nordeste e Noroeste;
- Lote 3: Norte, Pampulha e Venda Nova.

A equipe do projeto realizou no dia 25 de fevereiro de 2025 reunião prévia com representantes do setor operacional e do planejamento da SLU para definição dos distritos de coleta selecionados para a coleta das amostras. Conforme definição da autarquia, o distrito de coleta é a unidade espacial utilizada como referência para o planejamento de coleta e corresponde à área atendida por um veículo coletor, em uma jornada diária de trabalho.



A seleção dos distritos levou em conta a disponibilização do planejamento de coleta domiciliar pela SLU, que consiste no mapa contendo a divisão dos distritos de coleta por regional, conforme exemplificado na **Figura 5-1** a seguir. Além dos distritos, os mapas possuem a identificação das regiões administrativas com a divisão dos distritos de coleta sobrepostos aos limites dos bairros da capital.



Com base no mapeamento, efetuou-se o cruzamento visual dos distritos de coleta com as tipologias de uso e ocupação do território, ano base 2022, constantes na ferramenta de geoprocessamento do município de Belo Horizonte, o BH Map. A **Figura 5-2** exhibe as categorias de uso e ocupação do território classificadas na aplicação.

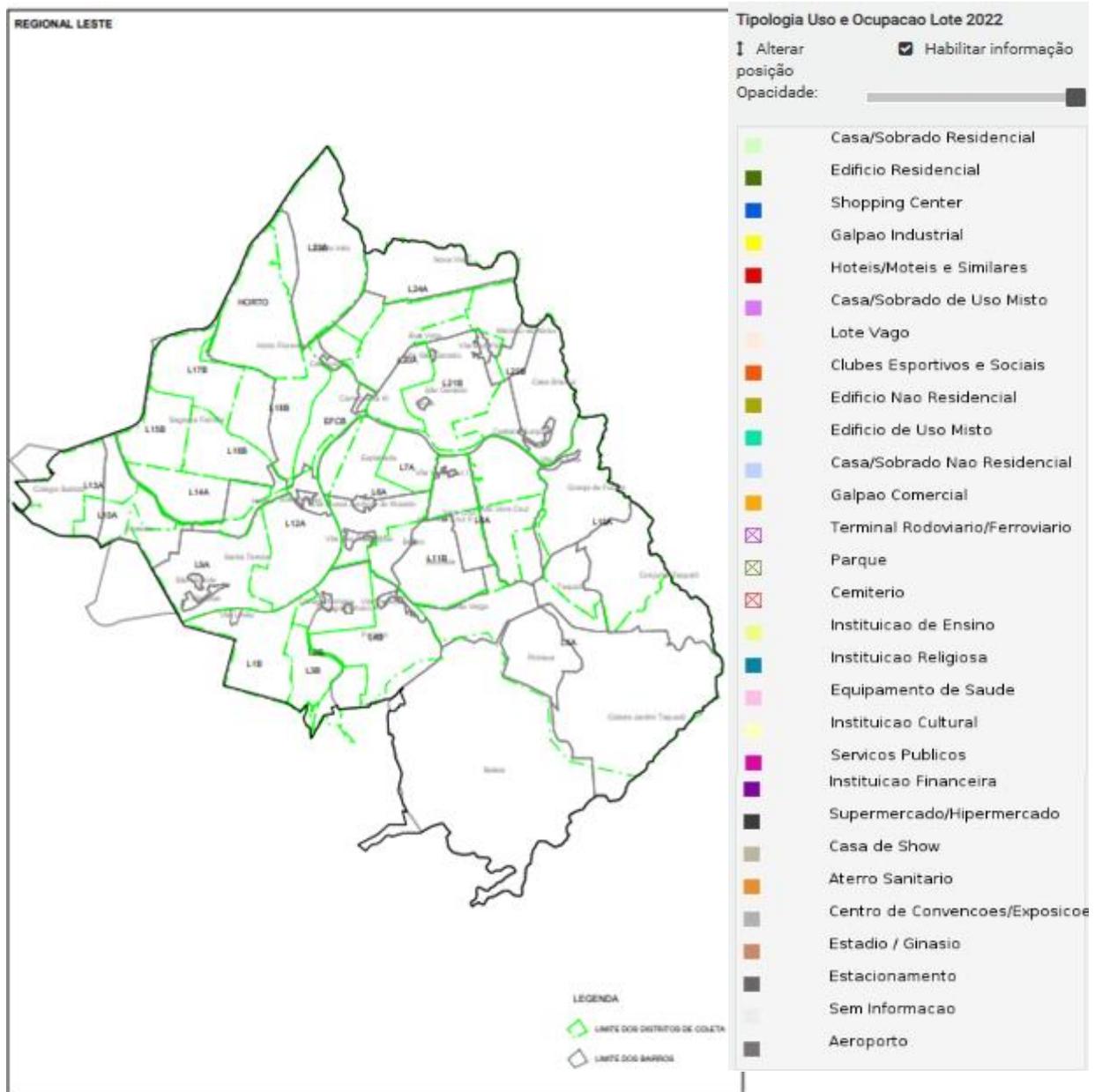


Figura 5-1 – Exemplo da distribuição dos distritos da regional Leste.

Figura 5-2 – Tipologia de Uso e Ocupação.



Como o procedimento para seleção foi visual, adotou-se a distinção dos distritos em 3 categorias:

- Residencial;
- Comercial;
- Comercial/industrial.

Essa categorização justifica-se pelo fato de que os distritos de coleta possuem elevada abrangência territorial, contemplando, na maioria das vezes, mais de um bairro. Tal configuração resulta na impossibilidade de seleção de distritos com uma única característica de ocupação, sendo necessário, portanto, efetuar escolhas por ocorrências de manchas predominância. Dessa forma, a categorização seguiu um processo de definição por exclusão, com identificação dos distritos comerciais e/ou comerciais/industriais, seguidos do padrão residencial para todos os demais não caracterizados como comercial.

Destaca-se que, para além do processo de concentração comercial e de prestação de serviços no hipercentro, Belo Horizonte possui uma urbanização marcada por centralidades nas demais regiões administrativas, reconhecidas, inclusive, em seu Plano Diretor. Tais centralidades são definidas como:

“Centros de bairros” e regiões localizadas em grandes avenidas de transporte coletivo ou em vias importantes. São locais onde mora ou circula muita gente e onde tem ou é importante que tenha comércios e serviços, áreas de lazer e equipamentos públicos (PBH, 2023).

Dessa forma, a escolha dos distritos com aptidão comercial seguiu a perspectiva de identificação de tais centralidades nas nove regiões administrativas. Como exemplo desse padrão, cita-se o núcleo comercial do Barreiro de Baixo, nas imediações da Av. Sinfrônio Brochado; o núcleo comercial da região Oeste, nas imediações da Rua Úrsula Paulino; e o núcleo comercial de Venda Nova, nas imediações da Av. Padre Pedro Pinto.

A partir desse procedimento, realizou-se a identificação dos distritos com maior ocorrência de manchas de ocupação territorial dos tipos de ocupação listados a seguir para definir aqueles distritos que seriam categorizados como Comercial ou Comercial/Industrial.

- Galpão industrial;
- Hotéis/motéis e similares;
- Edifício não residencial;
- Edifício de uso misto;
- Galpão comercial;
- Supermercado/hipermercado;



- Casa/sobrado não residencial.

Essa etapa resultou na seleção de 17 distritos com maior aptidão comercial, identificou três áreas com forte aptidão industrial nas regiões do Barreiro, Oeste e Pampulha, que resultaram na seleção de 01 distrito e, por fim, por exclusão e predominância, adotou-se os demais distritos como residenciais, totalizando 18. Os distritos selecionados e suas aptidões serão apresentados na



Tabela 5-1.

A operacionalização do estudo foi realizada inteiramente dentro do CTR Macaúbas de forma que a operação do serviço de coleta domiciliar realizado pelas contratadas da SLU não sofreram qualquer impacto ou desvio de rota. Para tanto, a equipe do projeto, de posse da listagem de distritos, acompanhou a chegada dos caminhões na balança do aterro, comunicando à equipe do CTR Macaúbas quando da chegada de um caminhão proveniente de um distrito de interesse, direcionando-o da balança até o local designado para o quarteamento no pátio de descarga (**Figura 5-3 e Figura 5-4**).



Figura 5-3 – Seleção da carga.

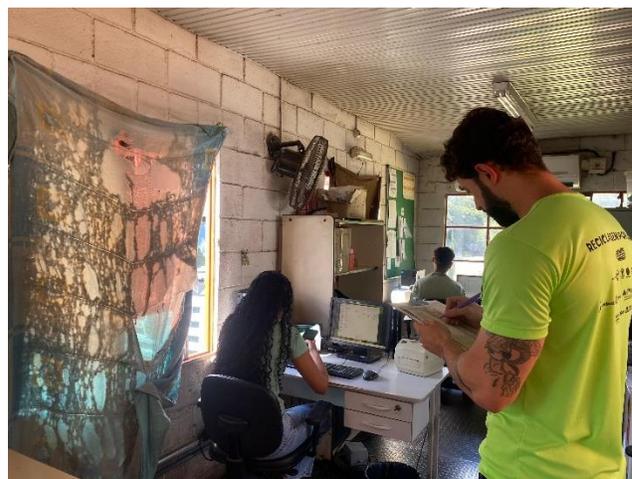


Figura 5-4 – Seleção da carga.

Foram considerados, sempre que possível, aspectos urbanísticos e de uso e ocupação para conferir maior diversidade possível à pesquisa, como distritos com características predominantemente comerciais e residenciais, conforme já abordado, sendo selecionadas 04 cargas para cada uma das regiões. Considerou-se, também, dois dias iniciais para preparação do espaço, treinamento dos envolvidos e teste de toda a metodologia da gravimetria.

Em relação a quantidade de cargas a serem amostradas por ciclo, conclui-se, após alinhamento com a equipe do CTR Macaúbas e estimativa do tempo gasto para triagem de cada carga a ser analisada, que seria possível – sem alterar drasticamente a operação da unidade – a triagem para caracterização de 1 carga por dia (totalizando 05 cargas por semana).

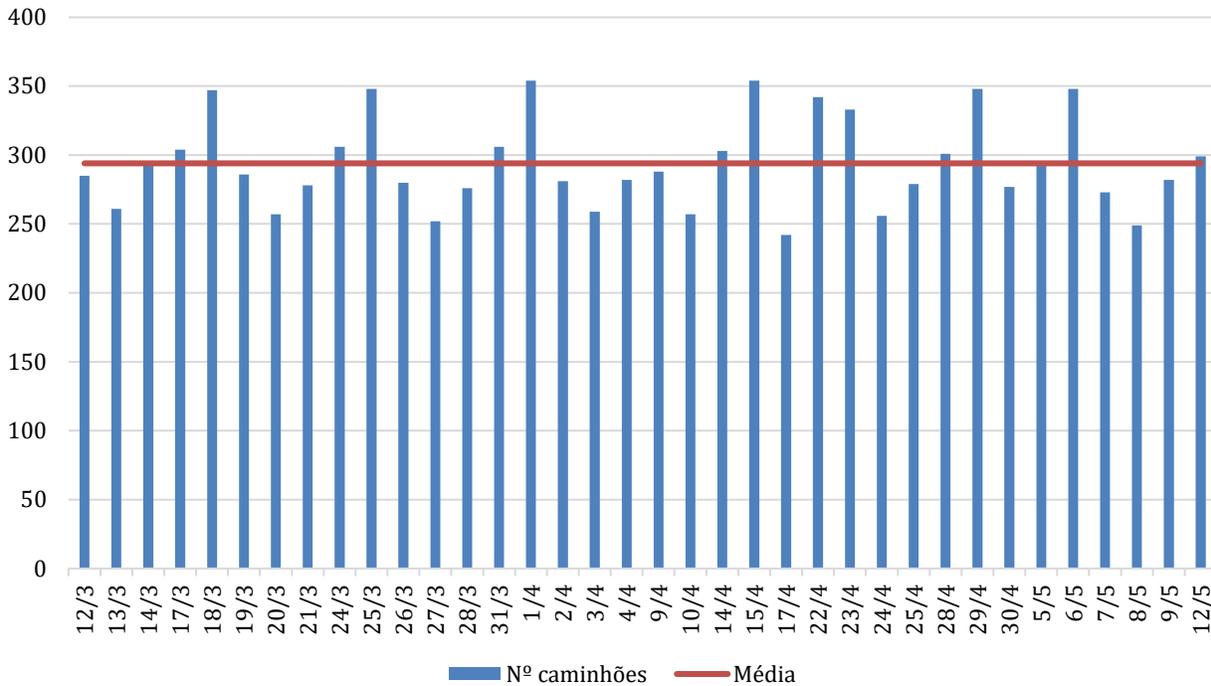
Para cálculo da amostra, definiu-se a realização de 08 ciclos semanais de caracterização gravimétrica, totalizando 36 cargas amostrais, nos quais serão triados os resíduos de 144 amostras, assim:

$$\text{Tamanho da amostra} = N^{\circ} \text{ de caminhões selecionados} * N^{\circ} \text{ de contêineres/carga} = 36 * 4 = 144$$



Sabendo que o tamanho da amostra foi definido previamente e a quantidade de cargas que entraram no CTR Macaúbas entre os 36 dias de realização da gravimetria foi de 10.580 caminhões, com média de 294 caminhões/dia (**Figura 5-5**), foi realizado um cálculo amostral² a fim de verificar a margem de erro da representatividade desta amostra sobre o todo.

Figura 5-5 – Número e média de caminhões que entraram no CTR Macaúbas durante a gravimetria Novo Ciclo.



Fonte: Os autores, 2025.

Para a definição da população do estudo, primeiramente foi calculada a quantidade de contêineres em média para cada caminhão, obtendo o valor de aproximadamente 200 contêineres, conforme equação apresentada a seguir:

$$Qntde. contêineres/caminhão = \frac{média do peso líquido por caminhão (kg)}{média do peso líquido por contêineres (kg)} = \frac{7.733}{35,8} = 216 contêineres$$

Logo, têm-se também:

$$População total do estudo = N^o total de caminhões * Qntde. contêineres/caminhão = 10.580 * 216 = 2.285.280$$

² Cálculo amostral para proporções (Teste Qui-Quadrado).



Com posse destas informações, considerando as proporções como heterogêneas³ e o nível de confiança de 95%, o erro amostral foi de 8,17%, percentual este abaixo de 10%, sendo, assim, uma amostra suficiente para este estudo.

Caso se almejasse uma margem de erro de 5%, o tamanho amostral estimado seria de 385 contêineres, esforço impossível no presente momento considerando as limitações do estudo em questão, tendo em vista as restrições do cronograma estabelecido e a necessidade de não comprometimento da rotina operacional da unidade.

Destaca-se que, das 36 cargas selecionadas, 10 foram coletas noturnas, sabendo que há regionais que só realizam coletas neste período, como a regional Centro-Sul, assim como, regionais com características comerciais que também realizavam coletas no período da noite (Leste e Noroeste).

Nestes casos, os profissionais atuantes neste período na balança do CTR Macaúbas foram instruídos para a seleção das cargas das regionais desejadas, comunicando um encarregado de campo para que pudesse descarregar o caminhão selecionado na manta (superfície impermeabilizada) posicionada no pátio de descarga. Desta forma, o resíduo permanecia no local, protegido por lona, para que no dia posterior o técnico do Novo Ciclo acompanhasse o quarteamento, seguindo, assim, com o mesmo processo adotado para as coletas diurnas.

A

³ Proporção heterogênea devido à alta variabilidade nas proporções das tipologias encontradas na população,



Tabela 5-1 a seguir apresenta com mais detalhes a distribuição das amostras selecionadas, evidenciando as regiões administrativas de cada grupo econômico.



Tabela 5-1 – Amostras selecionadas por regional e distrito e suas características.

DATA	REGIONAL	DISTRITO	PERFIL	PESO BRUTO	PESO LÍQUIDO
12/03/2025	Leste	L20A	Residencial	18.510,00	6.960
13/03/2025	Oeste	O18B	Residencial	18.410,00	6.460
14/03/2025	Oeste	O12A	Residencial	17.890,00	5.960
17/03/2025	Norte	N13A	Residencial	19.450,00	7.420
18/03/2025	Leste	L21B	Residencial	20.090,00	8.560
19/03/2025	Nordeste	NE22A	Residencial	17.340,00	5.730
20/03/2025	Venda Nova	VN17B	Residencial	17.460,00	5.530
21/03/2025	Noroeste	NO14A	Residencial	17.950,00	6.420
24/03/2025	Venda Nova	VN7A	Comercial	18.290,00	6.190
25/03/2025	Noroeste	NO24B	Residencial	19.370,00	7.820
26/03/2025	Norte	N14A	Residencial	18.980,00	6.980
27/03/2025	Pampulha	P18B	Residencial	18.970,00	6.950
28/03/2025	Nordeste	NE24A	Residencial	17.460,00	5.820
31/03/2025	Centro-Sul	C110	Residencial	15.780,00	4.010
31/03/2025	Pampulha	P20A	Residencial	20.130,00	8.080
01/04/2025	Barreiro	B11B	Residencial	26.100,00	12.390
02/04/2025	Centro-Sul	S6D	Residencial	18.950,00	7.120
03/04/2025	Barreiro	B13B	Residencial	25.020,00	11.160
09/04/2025	Venda Nova	V5A	Residencial	18.170,00	6.120
10/04/2025	Oeste	O19B	Comercial	16.830,00	4.840
14/04/2025	Centro-Sul	C11D	Comercial	15.740,00	3.950
14/04/2025	Nordeste	NE20A	Comercial	19.880,00	8.010
15/04/2025	Nordeste	NE9B	Comercial	18.270,00	6.670
22/04/2025	Leste	L18B	Comercial	18.760,00	7.020
22/04/2025	Pampulha	P26B	Comercial	18.780,00	6.810
24/04/2025	Leste	L1B	Comercial	19.440,00	7.880
24/04/2025	Venda Nova	VN8A	Comercial	23.330,00	9.470
28/04/2025	Oeste	O4A	Comercial	20.720,00	8.900
29/04/2025	Noroeste	NO11B	Comercial	22.450,00	10.900
29/04/2025	Norte	N5B	Comercial	24.120,00	10.340
05/05/2025	Barreiro	B8A	Industrial	23.520,00	10.040
06/05/2025	Noroeste	NO18B	Comercial	20.240,00	8.310
06/05/2025	Norte	N4B	Comercial	23.800,00	10.050
07/05/2025	Centro-Sul	C9D	Comercial	19.310,00	7.280
09/05/2025	Pampulha	P3B	Comercial	23.640,00	9.910
12/05/2025	Barreiro	B19A	Comercial	26.080,00	12.320

Fonte: Os autores, 2025.

Destaca-se que, para a escolha dos distritos, foram desconsideradas aqueles que possuem coleta seletiva, pois estas não representariam o RDO de fato daquela região, sabendo que já há uma separação feita pelos residentes destes locais.

Todo o processo – desde a entrada dos caminhões no CTR Macaúbas até a separação por setores – foi supervisionado por 01 técnico da equipe Novo Ciclo, responsável desde



a identificação das cargas na balança até o acompanhamento da descarga do caminhão na praça de serviço, garantido a completa rastreabilidade do resíduo e sua respectiva origem (regional/distrito).

5.2.3. Método de análise

5.2.3.1. Quarteamento e armazenamento dos resíduos

Para realizar a composição gravimétrica, utilizou-se o método do quarteamento, cujo objetivo é obter uma amostra representativa. Isso significa coletar uma fração do resíduo a ser analisado que mantenha as mesmas características e propriedades da massa total.

Primeiramente, após a seleção da carga amostral, o motorista do caminhão com a carga selecionada foi direcionado à área designada para o quarteamento – local na própria praça de descarga, mas fora da frente de serviço de aterragem, próximo a descarga dos caminhões coletores de resíduos. O local, protegido com manta para que os resíduos não tivessem contato com o solo, foi definido com base nas indicações da equipe técnica do CTR Macaúbas, preservando-se a segurança e a operacionalização do serviço.

Com isso, já no maciço de aterragem, o motorista foi orientado por 01 encarregado do CTR Macaúbas a efetuar a manobra de descarga na manta (**Figura 5-6**). Então, os resíduos foram expostos, sendo posteriormente revolvidos com auxílio da escavadeira (**Figura 5-7**).

Conforme a norma ABNT NBR 10007:2004, o quarteamento consiste em dividir uma amostra previamente homogeneizada em quatro partes iguais. Assim, seguiu-se esta metodologia, onde duas partes opostas então foram selecionadas para formar uma nova amostra (descarte vis-à-vis), enquanto as demais foram descartadas (**Figura 5-8**). As partes escolhidas foram completamente misturadas, e o processo repetido mais uma vez, para que, assim, obtivesse a massa homogênea para o enchimento dos 04 contêineres com o auxílio da escavadeira (**Figura 5-9**).





Figura 5-6 – Manobra de descarga do resíduo na manta.

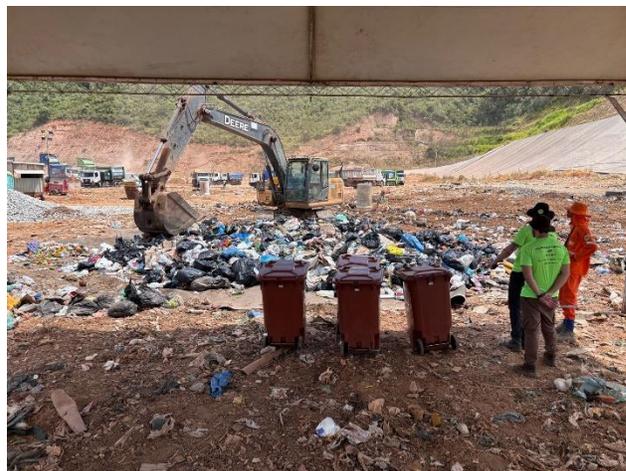


Figura 5-7 – Homogeneização.



Figura 5-8 – Separação da massa em 4 partes iguais.

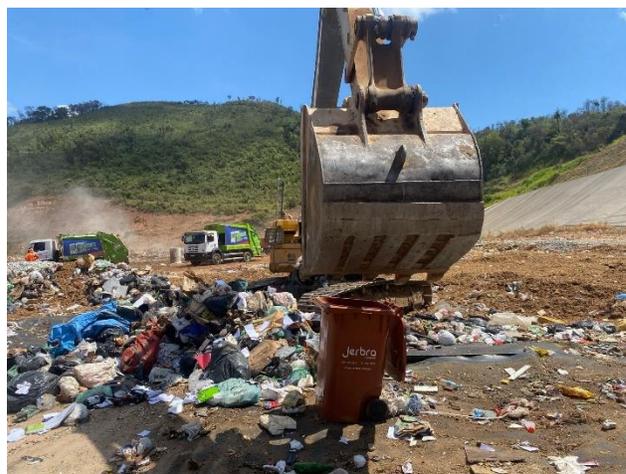


Figura 5-9 – Enchimento dos contêineres.

É importante ressaltar que os caminhões basculantes utilizados para coleta dos RDO possuem compactador, o que poder conferir menor exatidão na caracterização gravimétrica, uma vez que, as compactações alteram a densidade de alguns materiais e, conseqüentemente, interferem o balanço de massa/volume.

A equipe do CTR Macaúbas efetuou apoio no processo de quarteamento com máquina escavadeira, enchimento dos contêineres e transporte dos resíduos da praça de descarga até o laboratório de triagem. Este processo foi devidamente supervisionado por um técnico da equipe Novo Ciclo.

Para proteção contra intempéries naturais (chuva e sol) dos funcionários envolvidos no quarteamento, foi instalada uma tenda na área de descarga.



5.2.3.2. Triagem primária

A triagem aconteceu em 8 ciclos de 5 dias, sendo 7h de trabalho por dia, considerando 1h para as preparações iniciais, 5 horas para a triagem e 1h para limpeza final.

Destaca-se que, durante toda esta etapa, a equipe foi devidamente protegida com luvas de raspa e de borracha, aventais, máscaras e óculos de proteção.

Após o quarteamento, os resíduos advindos dos caminhões coletores de cada regional foram previamente acondicionados em 04 contêineres de 240 L, sem diferenciação por tipo de resíduo.

Após este processo, foi realizado o transporte dos resíduos da praça de descarga até o laboratório de triagem, por veículo próprio fornecido pelo CTR Macaúbas. Os contêineres foram pesados na balança de precisão (com taras conhecidas) para aferir o peso da amostra antes da triagem manual (**Figura 5-10**).

Assim, os resíduos foram espalhados na mesa de triagem (**Figura 5-11**), considerando um contêiner por vez, e submetidos ao processo de triagem manual. A primeira segregação da amostra diferenciou “embalagens” de “não embalagens”, separando os resíduos orgânicos dos resíduos secos recicláveis e rejeito, pesando-os novamente.



Figura 5-12 – Triagem de embalagens.



Figura 5-13 – Triagem de embalagens.





Figura 5-10 – Pesagem dos contêineres.



Figura 5-11 – Resíduos sendo dispostos na mesa de separação.



Figura 5-12 – Triagem de embalagens.



Figura 5-13 – Triagem de embalagens.

Concluída a pesagem, todos os resíduos de não embalagens foram retirados da área antes. Em seguida foi realizada a triagem dos resíduos de embalagens, considerando a composição física: papel, plástico, vidro, metal e embalagens que não são recicláveis. Foram classificados como “não recicláveis”, principalmente, as embalagens metalizadas, como as de café, salgadinho, bandejas de plástico, etc;

Na sequência, cada material foi pesado separadamente para obtenção da sua fração gravimétrica percentual na composição do resíduo de embalagem amostrado (**Figura 5-14 e Figura 5-15**).





Figura 5-14 – Pesagem das embalagens por tipo de material.



Figura 5-15 – Pesagem das embalagens por tipo de material.



5.2.3.3. Triagem por setor

Nessa etapa, já tendo os resíduos classificados quanto sua composição, realizou-se a triagem quanto aos setores industriais das embalagens (**Figura 5-16** e **Figura 5-17**).



Figura 5-16 – Separação por setores.



Figura 5-17 – Separação por setores.

Os setores foram previamente definidos arbitrariamente, sendo eles:

- Alimentos;
- Bebida;
- Material de limpeza;
- Higiene pessoal;
- Outros.

É importante mencionar que, dentro da categoria “outros”, poderiam ser observadas, principalmente, resíduos de embalagens sem identificação clara de setor de origem — como sacolas plásticas sem marca e embalagens genéricas. Além disso, verificou-se também, com presença menos expressiva, embalagens de setores não identificados na metodologia deste estudo, como farmacêuticos, e-commerce, isopor, embalagens para transporte e proteção de eletrônicos, embalagens de agrotóxicos e da indústria automobilística, etc.

Na sequência do processo de triagem, os sacos de lixo e/ou contêineres de cada setor foram pesados separadamente para obtenção do percentual na composição dos componentes amostrados. Concluída a pesagem, todos os resíduos foram retirados da área e disponibilizados para a destinação final ambientalmente adequada no aterro sanitário, de acordo com as práticas estabelecidas na Unidade.



Concluída a análise gravimétrica, os dados registrados e compilados pela equipe de campo foram analisados e apresentados no **Tópico 6 - RESULTADOS**, de forma a embasarem as proposições posteriores. Os dados foram analisados por meio de planilhas e gráficos gerados no software Microsoft Excel.

5.2.3.4. Análises estatísticas

Inicialmente, foi realizada uma análise estatística descritiva com o objetivo de organizar, resumir e compreender o comportamento dos dados coletados. Essa etapa consistiu no cálculo de medidas de tendência central (como média), medidas de dispersão (como desvio padrão) e na construção de gráficos e tabelas que permitiram uma visualização clara dos dados. A análise descritiva é fundamental para identificar padrões, possíveis *outliers* e características relevantes da amostra, sem, contudo, realizar generalizações para além do grupo observado.

Em seguida, quando pertinente, foi conduzida uma análise estatística inferencial, que permite extrapolar os resultados obtidos na amostra para a população da qual ela foi retirada. Essa etapa envolveu a aplicação de testes estatísticos apropriados, com o objetivo de verificar hipóteses, avaliar associações ou diferenças entre grupos e estimar parâmetros populacionais com determinado grau de confiança. A análise inferencial fornece suporte para conclusões mais robustas e cientificamente fundamentadas, considerando a variabilidade amostral e a probabilidade de erro.

Dessa forma, a combinação das análises descritiva e inferencial possibilitou uma avaliação estatística completa e confiável dos dados obtidos neste estudo.

A análise estatística inferencial teve início com a aplicação do teste de normalidade de Shapiro-Wilk, utilizando um nível de significância de 5% ($\alpha = 0,05$), com o objetivo de verificar se as variáveis analisadas apresentavam distribuição normal. Uma variável é considerada normalmente distribuída quando a maioria dos dados se concentra em torno da média e as frequências diminuem progressivamente à medida que se afastam dela.

Essa característica é importante porque muitos testes estatísticos (denominados paramétricos) assumem essa distribuição como condição para a validade de seus resultados. Sendo assim, foi adotado como critério que variáveis com valor-p $> 0,05$ no teste de Shapiro-Wilk seriam consideradas paramétricas, ou seja, consistentes com a hipótese de normalidade. Já as variáveis com valor-p $\leq 0,05$ foram tratadas como não paramétricas, e analisadas por meio de métodos estatísticos que não pressupõem distribuição normal.



Para a comparação de médias entre três ou mais grupos (nove regionais de Belo Horizonte), foram utilizados dois testes, de acordo com a natureza da variável:

- **ANOVA:** teste estatístico para variáveis paramétricas;
- **Teste de Kruskal-Wallis:** teste estatístico para variáveis não paramétricas.

A principal diferença entre esses testes está nos pressupostos: a ANOVA requer normalidade e homogeneidade de variâncias entre os grupos, enquanto o teste de Kruskal-Wallis baseia-se na ordenação dos dados e não exige distribuição normal.

Nos casos em que a ANOVA indicou diferenças estatisticamente significativas (valor- $p < 0,10$), foi aplicado o teste de comparações múltiplas de Tukey, com o intuito de identificar especificamente quais regionais diferiram entre si.

Já para a comparação entre dois grupos, referentes às regionais com perfil predominantemente comercial e predominantemente residencial, foram utilizados dois testes, conforme o tipo de distribuição da variável:

- **Teste t de Student:** teste estatístico para amostras independentes, para variáveis paramétricas (valor- $p > 0,05$ no teste de Shapiro-Wilk);
- **Teste de Mann-Whitney:** teste estatístico para variáveis não paramétricas, como alternativa não paramétrica ao teste t (valor- $p \leq 0,05$ no teste de Shapiro-Wilk).

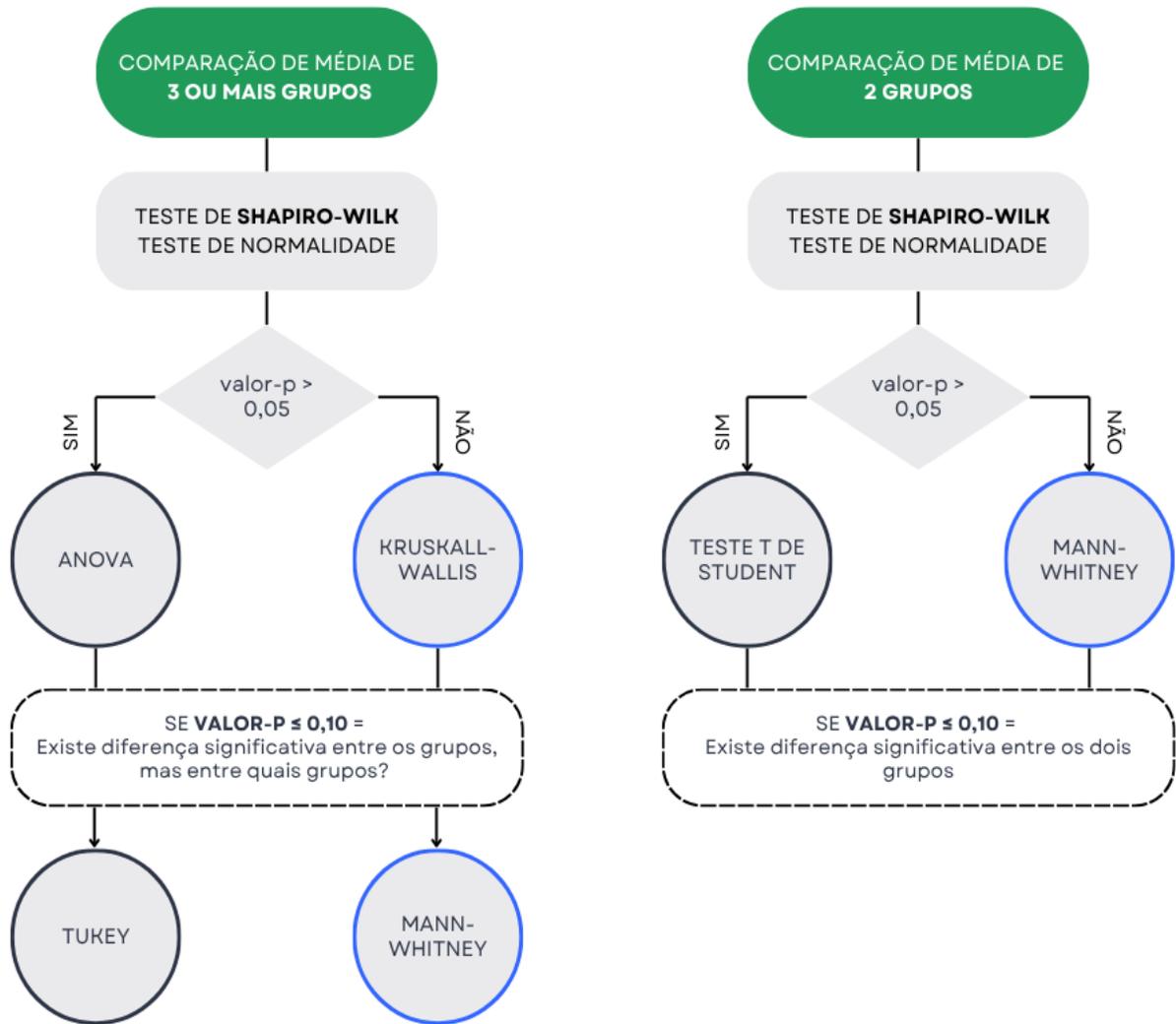
Em ambos os testes, caso valor- $p \leq 0,10$, significa que há diferenças significativas entre os dois grupos. A **Figura 5-18** apresenta de forma esquemática o fluxo da análise estatística inferencial do estudo, visando melhor compreensão de todo o processo.

Destaca-se que, a regional Barreiro, classificada com perfil industrial, foi excluída da análise, uma vez que havia apenas uma observação disponível, inviabilizando a inclusão em testes comparativos.

Os cálculos estatísticos foram realizados com o auxílio do software Microsoft Excel e de uma ferramenta estatística baseada na web, disponível na plataforma StatsKingdom (<https://www.statskingdom.com>).



Figura 5-18 – Fluxograma da análise estatística inferencial.



Fonte: Os autores, 2025.



6. RESULTADOS

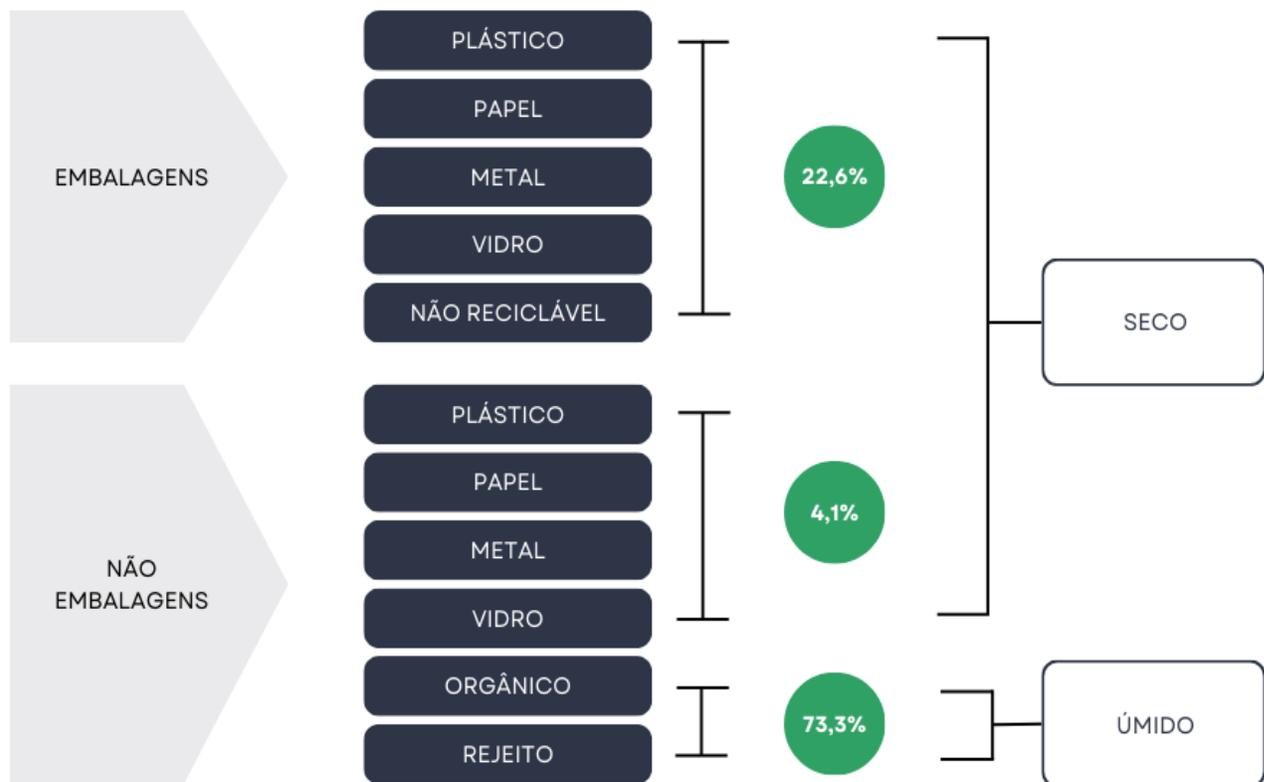
6.1. Análise geral

Analisando-se os resultados obtidos na caracterização gravimétrica, verifica-se que 22,6% dos resíduos domiciliares são compostos por resíduos de embalagens. Em relação aos resíduos secos, os resíduos de embalagens representam 84,5%.

O diagrama a seguir (

Figura 6-1) apresenta de forma esquemática os resultados obtidos:

Figura 6-1 – Diagrama com resultados obtidos na caracterização gravimétrica.



Fonte: Os autores, 2025.

6.1.1. Por regional

Analisou-se o resultado das médias de embalagens e não embalagens por regional, afim de identificar se existia diferença significativa na quantidade de embalagens entre duas



ou mais regionais. Primeiramente, então, foi realizado o teste de verificação de normalidade Shapiro-Wilk para as frações de embalagens e não embalagens das nove regionais de Belo Horizonte, indicando que, em ambas, a distribuição dos dados segue a normalidade ($p > 0,05$), com valor- $p = 0,098$. Essa suposição de normalidade permitiu a utilização de um teste paramétrico para comparação entre grupos.

Dessa forma, foi aplicada a Análise de Variância (ANOVA) para investigar se havia diferenças estatisticamente significativas nas médias das frações de embalagens e não embalagens entre as nove regionais analisadas. O resultado do teste ANOVA apresentou um valor- p igual a 0,279, o que é superior ao nível de significância adotado ($p > 0,10$).

Esse resultado indica que não há evidências estatísticas suficientes para afirmar que existe diferença significativa nas médias das frações de embalagens e não embalagens entre as diferentes regionais, mesmo que, descritivamente, pode-se observar que há, em média, maior percentual de embalagens nas regionais Norte e Noroeste, conforme é melhor detalhado na **Tabela 6-1**. Em outras palavras, as variações observadas entre as regionais podem ser atribuídas ao acaso ou à variabilidade natural dos dados.

Tabela 6-1 – Média e desvio padrão de embalagens e não embalagens por regional.

REGIONAL	MEDIDA	EMBALAGEM	NÃO EMBALAGEM
BARREIRO	MÉDIA	19,3%	80,7%
	D.P. ¹	1,1%	1,1%
CENTRO-SUL	MÉDIA	19,9%	80,1%
	D.P. ¹	2,0%	2,0%
LESTE	MÉDIA	22,3%	77,7%
	D.P. ¹	2,6%	2,6%
NORDESTE	MÉDIA	23,6%	76,4%
	D.P. ¹	3,6%	3,6%
NOROESTE	MÉDIA	24,2%	75,8%
	D.P. ¹	6,5%	6,5%
NORTE	MÉDIA	26,5%	73,5%
	D.P. ¹	5,1%	5,1%
OESTE	MÉDIA	20,5%	79,5%
	D.P. ¹	5,6%	5,6%
PAMPULHA	MÉDIA	24,0%	76,0%
	D.P. ¹	3,7%	3,7%
VENDA NOVA	MÉDIA	22,7%	77,3%
	D.P. ¹	3,1%	3,1%

¹ Desvios padrão embalagem x não embalagem são iguais, pois um é complementar do outro. Mesma variabilidade.

Fonte: Os autores, 2025.



6.1.1. Por perfil

Avaliou-se, também, se havia diferença significativa entre as médias das frações de resíduos de regionais predominantemente comerciais e residenciais. Uma vez que se tratam de apenas duas categorias de comparação, ou seja, dois grupos, foi aplicado o teste *t* de Student para amostras independentes. O resultado do teste apresentou um valor-p = 0,243, valor superior ao nível de significância adotado ($p > 0,10$).

Esse resultado indica que não há evidências estatísticas suficientes para afirmar que as médias das frações de resíduos das regionais comerciais e residenciais são diferentes, ou seja, as diferenças observadas entre os dois grupos podem ser atribuídas à variação natural da amostra, e não por um efeito real causado pelo perfil (comercial ou residencial) das regionais. Entretanto, apenas utilizando uma análise descritiva, os dados indicam que há maior presença de embalagens em regionais com características mais comerciais, conforme dados apresentados na **Tabela 6-2**.

Tabela 6-2 – Média e desvio padrão de embalagens e não embalagens por perfil de regional.

PERFIL	MEDIDA	EMBALAGEM	NÃO EMBALAGEM
COMERCIAL	MÉDIA	23,5%	76,5%
	D.P. ¹	3,2%	3,2%
RESIDENCIAL	MÉDIA	21,8%	78,2%
	D.P. ¹	5,0%	5,0%

¹ Desvios padrão embalagem x não embalagem são iguais, pois um é complementar do outro. Mesma variabilidade.

Fonte: Os autores, 2025.

6.2. Por Setor industrial

São apresentados a seguir os resultados da gravimetria das embalagens presentes no RDO de Belo Horizonte, com foco na origem setorial dos materiais descartados, contribuindo para uma compreensão mais detalhada dos fluxos de resíduos domiciliares. Os resíduos foram classificados conforme setores previamente definidos pelo projeto, tais quais: **Alimento, Bebida, Material de limpeza, Higiene pessoal e Outros**, este último englobando resíduos sem identificação clara ou não vinculados diretamente aos setores anteriores.

Do total de embalagens amostradas durante a caracterização gravimétrica, observou-se que, os setores identificados, totalizam 57,7%, do qual o setor de Alimento é o mais expressivo (35,8%), seguido do setor de Bebidas (14,1%), conforme demonstrado na **Figura 6-5 e Figura 6-6**.



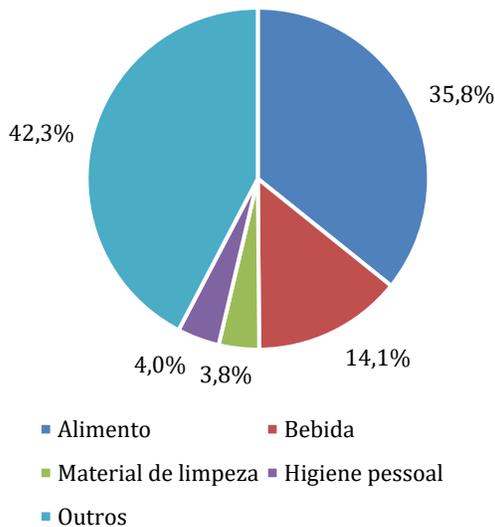


Figura 6-2 – Divisão setorial das embalagens encontradas nas amostras do estudo.



Figura 6-3 – Embalagens de diversos setores encontradas nas amostras do estudo.

Quanto as embalagens categorizadas na categoria “outros”, a qual representa 42,3%, essa representatividade deu-se, principalmente, pela expressiva quantidade de embalagens (como sacolas plásticas e papel/papelão sem identificação ou desconfiguradas (possivelmente degradadas nos caminhões compactadores e durante o processo de quarteamento).

Essas embalagens não puderam ser corretamente identificadas quanto ao seu conteúdo original, seja por ausência de rótulo, desgaste da embalagem ou descaracterização visual. Caso essas embalagens pudessem ter sido corretamente identificadas, é razoável supor que uma parcela expressiva delas pertenceria aos setores de alimentos ou bebidas, por exemplo, o que elevaria os percentuais atribuídos a esses grupos e, conseqüentemente, reduziria o peso relativo do setor "Outros".

Além disso a categoria "Outros" funcionou como uma categoria residual⁴, reunindo tanto embalagens de setores não identificados, quanto aquelas pertencentes a setores não previamente definidos na metodologia inicial. Optou-se por não desmembrar estes setores por se acreditar inicialmente que sua representatividade seria pouco expressiva — uma hipótese que foi confirmada durante a execução do estudo em campo.

⁴ Agrupamento de todas as embalagens que não se encaixaram nos setores principais definidos previamente (alimento, bebida, material de limpeza e higiene pessoal).



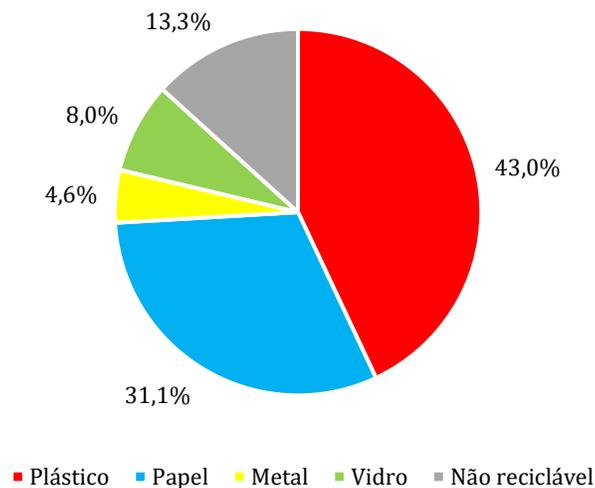
Assim, o percentual elevado de "Outros" não reflete necessariamente uma predominância real de um grupo diverso em termos de consumo ou descarte, mas sim uma limitação metodológica relacionada à categorização e identificação das embalagens.

6.3. Por tipo de material

A partir da metodologia de gravimetria aplicada, foi possível identificar a proporção de embalagens de diferentes componentes — como plástico, papel, metal, vidro e materiais não recicláveis — associadas a cada setor.

Quanto aos materiais dos resíduos de embalagens, os resultados demonstram que o material mais predominante é o plástico (43%), seguido das embalagens de papel (31,1%), não recicláveis (13,3%), vidro (8%) e metal (4,6%), conforme demonstra a **Figura 6-4**.

Figura 6-4 – Composição gravimétrica dos resíduos de embalagens no RDO em Belo Horizonte, por tipo de material.



Fonte: Os autores, 2025.

O detalhamento da divisão setorial por tipo de material será apresentado na sequência. As **Figura 6-5** a **Figura 6-10** mostram os resultados da presença dos setores para as embalagens plásticas.

6.3.1. Por tipo de material e Setor

A grande quantidade de plástico identificada nesta pesquisa confirma que o consumo de embalagens plásticas está aumentando de maneira significativa na vida das populações,



assim como acontece no mundo inteiro, conforme dados apresentados pelo estudo da *Plastic pollution: Pathways to net zero* (2023) do banco Credit Suisse, onde informa que dos 350 milhões de toneladas de plástico que se tornam resíduos, 40% do material vem em diferentes formas de embalagem.

6.3.1.1. Embalagens de plástico

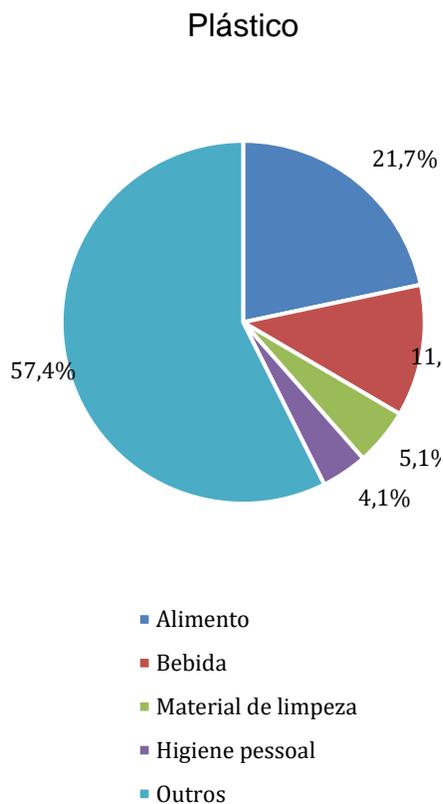


Figura 6-5 – Embalagens plásticas setorizadas.



Figura 6-6 – Plástico alimento.



Figura 6-7 – Plástico bebida.



Figura 6-8 – Plástico material de limpeza.



Figura 6-9 – Plástico higiene pessoal.



Figura 6-10 – Plástico outros.



A análise dos dados extraídos a partir da gravimetria evidencia significativa presença de embalagens **plásticas** no descarte urbano, conforme já verificado na **Figura 6-4**. As embalagens identificadas pertencem majoritariamente ao setor de alimentos (21,7%), seguidas pelos setores de bebidas (11,8%), materiais de limpeza (5,1%) e higiene pessoal (4,1%).

A maior parcela, no entanto, está na categoria "Outros" (57,4%), composta principalmente por sacolas plásticas e itens semelhantes, o que demonstra a ampla presença desses materiais entre os resíduos domiciliares. As sacolas plásticas são muito utilizadas para embalar diversos tipos de materiais no cotidiano da população, sendo estas consideradas embalagens secundárias, pois não entram em contato direto com o produto, mas sim com as embalagens primárias (como sacos de biscoito, latas de refrigerante, etc.).

Também é importante destacar que, durante o processo de quarteamento, foi observado que há maior facilidade na seleção de sacolas plásticas no momento de enchimento dos contêineres utilizando a escavadeira, se comparado a outros materiais dispersos na pilha de resíduos homogeneizada, sendo este um fator relevante ao observar o valor elevado da categoria "Outros" para este componente.



O uso de sacolas plásticas no contexto dos resíduos domiciliares está relacionado ao hábito de empregá-las como recipientes para o descarte de materiais gerados nas residências. Dessa forma, essas embalagens exercem a função de conter os resíduos, atuando como um item utilizado nesse processo, ainda que não se caracterizem, necessariamente, como parte do material descartado.

Segundo a Associação Brasileira da Indústria de Embalagens Plásticas Flexíveis - ABIEF, o Brasil produziu, apenas em 2023, 2,2 milhões de toneladas de embalagens plásticas flexíveis. O setor de alimentos foi o principal responsável pela demanda, com cerca de 41% do total produzido. Assim, diante dos dados apresentados, o retrato do município de Belo Horizonte reflete uma tendência nacional.



6.3.1.2. Embalagens de papel

Conforme verificado para as embalagens de plástico, os setores de “Alimentos” e “Outros” também foram os que apresentaram maiores percentuais para as embalagens de papel, conforme apresentado na **Figura 6-11**.

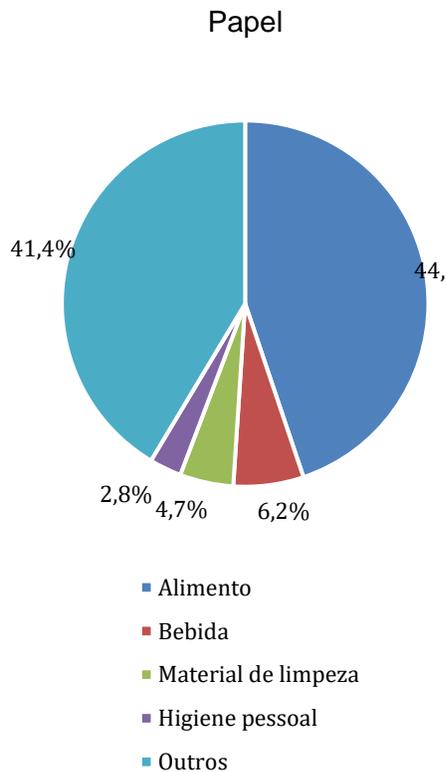


Figura 6-11 – Embalagens de papel setorializadas.



Figura 6-12 – Papel alimento.



Figura 6-13 – Papel bebida.



Figura 6-14 – Papel material de limpeza.



Figura 6-15 – Papel higiene pessoal.



Figura 6-16 – Papel outros.

A análise dos resíduos de embalagens de papel, revela maior presença do setor de alimentos, representando 44,8% do total identificado. Esse dado pode estar relacionado à ampla utilização de embalagens de papel e papelão para acondicionar produtos alimentícios, como caixas de cereais, sacos de farinha, papel para panificação, entre outros.

Na sequência, o setor de bebidas aparece com 6,2%, o que possivelmente está ligado ao uso de embalagens como caixas cartonadas (tipo longa vida), ainda que esse tipo de material seja tecnicamente composto por várias camadas, incluindo papel. O setor de



materiais de limpeza (4,7%) e o de higiene pessoal (2,8%) apresentam percentuais menores, refletindo o uso mais restrito de papel como material de embalagem nesses segmentos, que tendem a utilizar predominantemente plásticos.

O grupo "Outros", com 41,4%, representa uma fração expressiva e inclui resíduos como caixas de papelão sem identificação (usadas em transporte e logística), sacos de papel e embalagens de medicamentos.



A expressiva presença de caixas de papelão e sacos de papel evidenciam o papel significativo das embalagens secundárias e terciárias — muitas vezes associadas à movimentação e comercialização de produtos — na composição dos resíduos de papel.

Embora o papel e o papelão sejam, em geral, materiais com boa reciclabilidade, seu reaproveitamento depende de fatores como a contaminação por resíduos orgânicos ou químicos, o que pode inviabilizar o processo de reciclagem. Assim, mesmo sendo considerado recicláveis, parte desses resíduos pode não ser efetivamente reaproveitado, dependendo das condições em que são descartados e da estrutura disponível para sua coleta e triagem.

6.3.1.3. Embalagens de metal

Seguindo a mesma tendência dos demais componentes já analisados, os setores “Outros” e de “Alimentos” também se apresentaram mais relevantes para os metais (**Figura 6-17**).



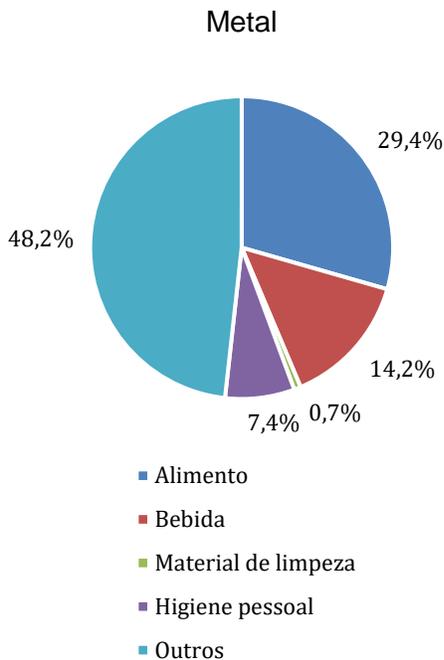


Figura 6-17 – Embalagens de metal setorizadas.



Figura 6-18 – Metal alimento.

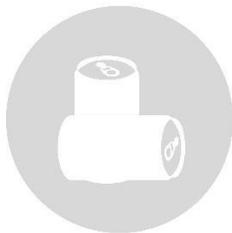


Figura 6-19 – Metal bebida.



Figura 6-20 – Metal outros.

A análise das embalagens metálicas presentes no resíduo doméstico de Belo Horizonte revela uma distribuição peculiar, fortemente influenciada por fatores externos ao consumo direto. Um aspecto importante que deve ser considerado na interpretação desses números é o impacto da coleta informal — especialmente no caso das latas de alumínio do setor de bebidas.



As latas de alumínio, altamente valorizadas no mercado da reciclagem, são frequentemente desviadas por catadores autônomos antes da chegada do serviço público de coleta, o que reduz artificialmente a quantidade registrada no RDO. Isso explica, em parte, o percentual relativamente baixo de embalagens de bebidas identificado na amostra, mesmo sendo esse um dos principais setores consumidores de latas metálicas.

A presença significativa do setor de alimentos pode ser reflexo do uso de latas de aço para conservas, molhos, entre outros produtos. Já os percentuais menores nos setores de higiene pessoal e materiais de limpeza indicam uma presença mais restrita do metal como material de embalagem nesses segmentos.

A maior fatia, no entanto, está na categoria "Outros" (48,2%), que reúne resíduos metálicos diversos, como peças automotivas, correntes, latas de óleo lubrificante e fragmentos de resíduos da construção civil. Essa presença evidencia que nem todo metal



encontrado no RDO tem origem em embalagens de consumo domiciliar — há também resíduos resultantes de descarte indevido de itens que pertencem a outras categorias de origem, como o setor automotivo e o setor de obras. Esses dados reforçam a importância de considerar tanto os fluxos de coleta informal, quanto o descarte inadequado de resíduos de origem não domiciliar.

6.3.1.4. Embalagens de Vidro

Conforme os dados levantados pelo projeto Novo Ciclo, a análise das embalagens de vidro encontradas nos RDO de Belo Horizonte segue um comportamento diferente quando comparado às demais tipologias. A maior parte desse material está associada ao setor de bebidas, com 73,2% do total identificado. O setor de alimentos aparece em seguida, com 16,9%, enquanto os setores de higiene pessoal e “Outros” correspondem, respectivamente, a 5,4% e 4,4%, segundo dados apresentados de forma gráfica na **Figura 6-21** a seguir.

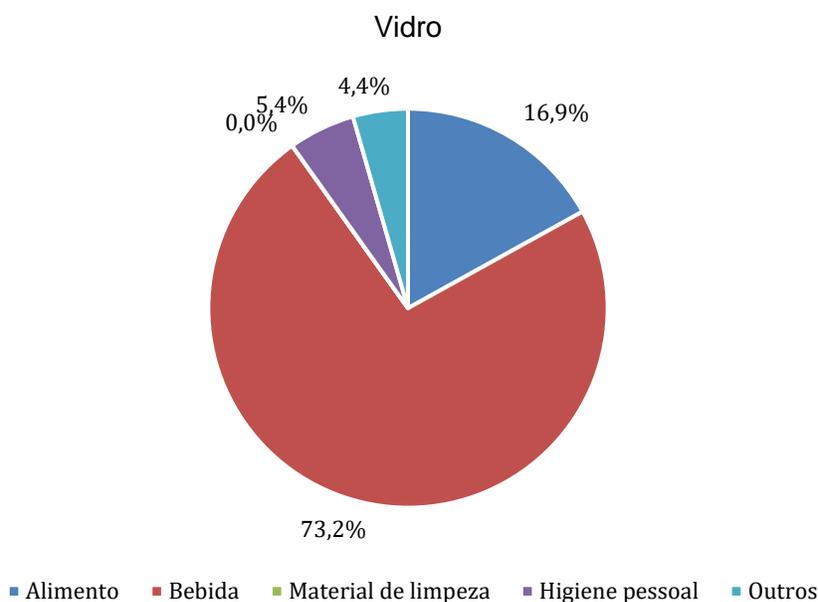


Figura 6-21 – Embalagens de vidro setorizadas.



Figura 6-22 – Vidro alimento.

Figura 6-23 – Vidro bebida.

Os números relacionados ao vidro precisam ser interpretados com cautela, pois há limitações importantes no processo de amostragem e identificação desse material. Um dos principais desafios é o próprio método de transporte dos resíduos.



Como os caminhões compactadores exercem alta pressão durante a coleta, muitas embalagens de vidro são quebradas em pequenos fragmentos ou reduzidas a partículas muito finas. Em alguns casos, o material é tão pulverizado que se mistura à chamada “munha” — poeira composta por partículas finas de diversos resíduos — que é classificada como rejeito, não sendo contabilizada como vidro reciclável.

Além disso, o método de quarteamento utilizado para seleção das amostras, que emprega escavadeiras, também dificulta a coleta de fragmentos menores de vidro. Esses cacos tendem a se depositar no fundo das amostras devido à sua densidade (**Figura 6-24** e **Figura 6-25**), o que compromete a representatividade dos dados, especialmente no que diz respeito a embalagens danificadas.

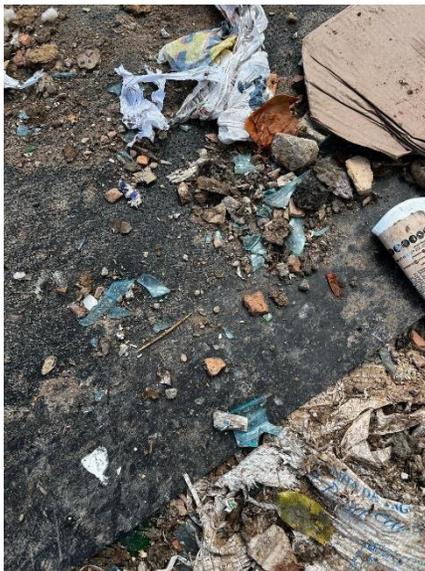


Figura 6-24 – Munha de vidro encontrada na manta após o quarteamento.



Figura 6-25 – Munha de vidro encontrada na manta após o quarteamento.

Dessa forma, ainda que o setor de bebidas lidere amplamente a geração de resíduos de vidro, é provável que a quantidade real de embalagens descartadas seja subestimada devido à combinação de danos físicos causados pela compactação e limitações nos processos de amostragem. Esses fatores técnicos evidenciam a necessidade de ajustes metodológicos para uma mensuração mais precisa da presença do vidro nos resíduos domiciliares.



A análise dos resíduos de embalagens não recicláveis encontrados no resíduo doméstico de Belo Horizonte evidencia a predominância expressiva do setor de alimentos, que responde por 75,1% desse tipo de resíduo. Em seguida aparecem os setores de higiene pessoal (4,1%), bebidas (3,4%) e materiais de limpeza (1,1%). A categoria "Outros", que representa 16,3%, é composta principalmente por cartelas de medicamentos e outros materiais de composição complexa (**Figura 6-26**).

6.3.1.5. Embalagens Não recicláveis

Analisou-se também quanto a reciclabilidade dos resíduos de embalagem. Para maior compreensão dos dados apresentados a seguir, é necessário a conceituação de reciclabilidade, que é a capacidade de um material ser efetivamente reciclado, ou seja, transformado em matéria-prima para a fabricação de novos produtos. No entanto, essa capacidade não depende apenas da composição técnica do material, mas está diretamente vinculada a critérios de viabilidade logística e econômica, que variam conforme a região onde o resíduo é gerado (LICCO, 2014).

Isso significa que um material pode ser considerado reciclável em termos teóricos (por exemplo, por ser tecnicamente reciclável), mas não ser de fato reciclado se, na região em questão, não houver infraestrutura, demanda de mercado ou interesse econômico para sua coleta, triagem e reprocessamento. Dessa forma, a reciclabilidade é um conceito prático e contextual, que considera não apenas as propriedades do material, mas também os sistemas locais de gestão de resíduos e os mercados que viabilizam sua reciclagem.

No âmbito do presente projeto — a gravimetria realizada pelo projeto Novo Ciclo, em Belo Horizonte — a definição de reciclabilidade adotada levou em conta o mercado local da capital mineira. Essa definição foi construída a partir de consultas diretas com cooperativas de reciclagem e com as trabalhadoras responsáveis pela triagem dos materiais recicláveis (catadoras), que participaram ativamente da execução do estudo. A partir dessas conversas e da experiência prática das triadoras, foi possível determinar quais materiais são, de fato, considerados recicláveis na rotina cotidiana da cidade, respeitando os limites e as possibilidades do sistema local de recuperação de resíduos.



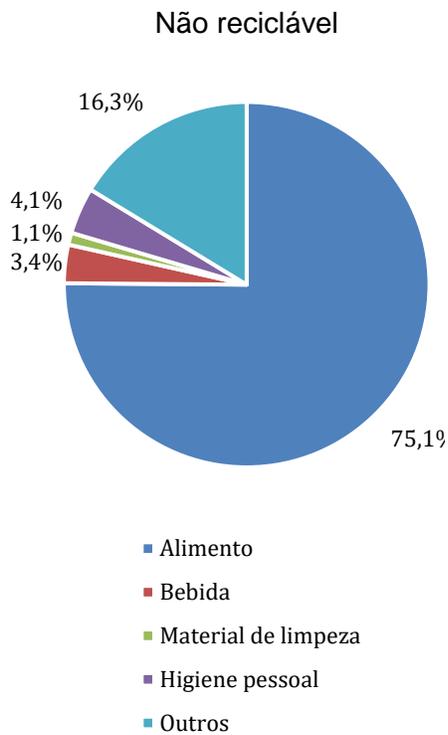


Figura 6-26 – Embalagens não recicláveis setorizadas.



Figura 6-27 – Não reciclável alimento.



Figura 6-28 – Não reciclável bebida.



Figura 6-29 – Não reciclável material de limpeza.



Figura 6-30 – Não reciclável higiene pessoal.



Figura 6-31 – Não reciclável outros.



Grande parte dessas embalagens é formada por materiais flexíveis ou multicamadas — como laminados plásticos, estruturas cartonadas e combinações de diferentes polímeros — que apresentam alta dificuldade de reciclagem.



Embora que alguns dos produtos considerados como não recicláveis neste estudo tragam símbolos ou mensagens de reciclabilidade em seus rótulos, a realidade técnica e econômica é outra: a ausência de viabilidade prática na separação e reaproveitamento desses materiais impede sua inserção efetiva nas cadeias de reciclagem. Esse tipo de embalagem possui baixa reciclabilidade e alto índice de *downcycling*, o que significa que, mesmo quando reciclados, os materiais resultantes têm qualidade inferior e dificilmente retornam à cadeia produtiva original, especialmente a de alimentos.

A elevada participação do setor de alimentos na geração desses resíduos evidencia a necessidade urgente de revisão nos modelos de embalagem adotados por essa indústria, que hoje responde por uma parte significativa dos materiais que, inevitavelmente, acabam tendo como destino a disposição final sem reaproveitamento.

Como consequência, esses resíduos acabam sendo descartados majoritariamente em aterros sanitários. Esse cenário é agravado pelo fato de o Brasil ainda contar com mais de 3 mil locais inadequados de destinação final, segundo o Panorama dos Resíduos Sólidos no Brasil (2023), da Associação Brasileira de Resíduos e Meio Ambiente – Abrema.

Nesse contexto, o Projeto de Lei nº 2524/2022 surge como uma tentativa de enfrentar esse problema. O texto propõe que, até 2030, todas as embalagens comercializadas no país sejam retornáveis, comprovadamente recicláveis ou compostáveis a partir de matérias-primas renováveis. No entanto, enquanto a proposta segue em tramitação, a produção de embalagens com baixa ou nula reciclabilidade continua em expansão, sustentada pelo uso predominante de materiais de difícil reaproveitamento.



6.3.2. Por Tipo de Material e Regional

Por fim, foi analisada se existe diferença significativa na quantidade de embalagens plásticas, de papel, metal, vidro e não recicláveis entre as nove regionais de Belo Horizonte, mesma análise para as regionais com perfil mais comercial e residencial.

O primeiro passo da análise foi verificar se os dados dos tipos de embalagem seguiam uma distribuição normal. Para isso, foi aplicado o teste de Shapiro-Wilk, com nível de significância de 5% ($\alpha = 0,05$). Os valores-p obtidos são apresentados na **Tabela 6-3**.

Tabela 6-3 – Teste de Shapiro-Wilk para normalidade.

TIPOLOGIA	VALOR-P	DISTRIBUIÇÃO	TESTE PARA ANÁLISE POSTERIOR
Plástico	0,715	Normal	ANOVA
Papel	0,078	Normal	ANOVA
Metal	0,148	Normal	ANOVA
Vidro	0,003	Não paramétrica	Kruskal-Wallis
Não recicláveis	0,001	Não paramétrica	Kruskal-Wallis

Fonte: Os autores, 2025.

O valor-p representa a probabilidade dos dados observados serem compatíveis com uma distribuição normal. Como $\text{valor-p} > 0,05$ para os dados de plástico, papel e metal são considerados normalmente distribuídos utilizou-se o teste ANOVA, enquanto vidro e não recicláveis não seguem uma distribuição normal, utilizando então o teste Kruskal-Wallis.

Os valores-p obtidos nos testes estatísticos, adotando um nível de significância de 10% ($\alpha = 0,10$) são apresentados na **Tabela 6-4**.

Tabela 6-4 – Comparação entre regionais por tipologia de embalagem.

TIPO	VALOR-P	TESTE PARA ANÁLISE POSTERIOR
Papel	0,141	-
Plástico	0,066	Teste de Tukey
Metal	0,350	-
Vidro	0,782	-
Não recicláveis	0,469	-

Fonte: Os autores, 2025.

Apenas as embalagens plásticas apresentaram diferença estatisticamente significativa entre as regionais. Para identificar entre quais regionais ocorreram essas diferenças, foi aplicado o teste de Tukey. As diferenças significativas no descarte de plástico ocorrem entre as regionais Centro-Sul e Leste e Centro-Sul e Pampulha, ambas com valor-p



abaixo de 0,10. Descritivamente, observou-se que 52,8% das embalagens na região Centro-Sul são de plástico, enquanto nas regiões Leste e Pampulha, este material corresponde a 38,6% do total de embalagens no RDO de Belo Horizonte. A **Tabela 6-5** apresenta os demais resultados para cada regional.

Tabela 6-5 – Média e desvio padrão da quantidade de embalagens entre regionais por tipologia de embalagem.

REGIONAL	MEDIDA	PAPEL	PLÁSTICO	METAL	VIDRO	NÃO RECICLÁVEL
BARREIRO	MÉDIA	30,4%	43,9%	4,6%	8,3%	12,8%
	D.P.	5,4%	9,8%	1,7%	2,2%	3,9%
CENTRO-SUL	MÉDIA	22,4%	52,8%	4,2%	5,0%	15,5%
	D.P.	1,6%	4,4%	2,5%	4,1%	1,5%
LESTE	MÉDIA	33,6%	38,6%	2,7%	11,3%	13,8%
	D.P.	3,0%	3,3%	1,3%	5,3%	2,3%
NORDESTE	MÉDIA	30,3%	39,4%	5,5%	8,9%	15,9%
	D.P.	6,7%	6,1%	2,6%	6,1%	10,0%
NOROESTE	MÉDIA	36,3%	40,3%	5,1%	7,7%	10,7%
	D.P.	5,2%	3,6%	1,0%	2,2%	2,1%
NORTE	MÉDIA	29,7%	43,5%	3,6%	8,3%	14,8%
	D.P.	7,5%	7,4%	1,9%	3,7%	4,5%
OESTE	MÉDIA	31,0%	47,3%	4,3%	6,0%	11,4%
	D.P.	7,2%	6,9%	2,6%	1,4%	1,8%
PAMPULHA	MÉDIA	32,5%	38,6%	6,9%	10,1%	12,0%
	D.P.	8,6%	8,9%	3,4%	10,7%	4,9%
VENDA NOVA	MÉDIA	33,4%	42,6%	5,1%	6,3%	12,6%
	D.P.	4,0%	5,0%	1,9%	4,0%	2,4%

Fonte: Os autores, 2025.

A regional Centro-Sul é caracterizada por bairros de alto padrão, com elevados Índices de Desenvolvimento Humano – IDH, atingindo índice de 0,954 no bairro Savassi, 0,949 no Anchieta e 0,947 no Cruzeiro, enquanto o bairro Santa Rita apresenta IDH de 0,637, na regional Leste, o menor índice de todo município de Belo Horizonte (NOSSA BH, 2021). Esse perfil está associado a um padrão de consumo mais elevado na regional Centro-Sul, incluindo maior aquisição de produtos embalados em plástico, diferente da regional Leste, onde o poder aquisitivo é menor, ou seja, rendas mais baixas compram menos produtos industrializados e embalados, que geralmente vêm do plástico.

Segundo Silva (2002), domicílios unipessoais e residências chefiadas por pessoas com mais de 60 anos, comuns na regional Centro-Sul, tendem a consumir mais produtos de conveniência e refeições prontas, resultando em maior volume de embalagens plásticas descartadas. Entretanto, de acordo com Pimenta (2022), a população da regional Centro-Sul demonstra maior engajamento em programas de coleta seletiva, o que levaria a uma menor identificação e quantificação das embalagens plásticas nos resíduos domiciliares



nessa região. Justamente por este fator de interferência, os distritos que possuem coleta seletiva não foram considerados neste estudo.

Para comparar a quantidade de embalagens entre áreas com perfis mais comerciais e residenciais, foram utilizados testes de comparação entre dois grupos, sendo o Teste *t* de Student para variáveis com distribuição normal e o Teste de Mann-Whitney para variáveis com distribuição não paramétrica, levando em consideração o teste de Shapiro-Wilk já apresentado na **Tabela 6-3**.

Os resultados estão resumidos na **Tabela 6-6**, considerando nível de significância de 10%.

Tabela 6-6 – Comparação da quantidade de embalagens entre áreas (comercial x residencial).

MATERIAL	VALOR-P	TESTE UTILIZADO
Papel	0,259	Teste <i>t</i>
Plástico	0,080	Teste <i>t</i>
Metal	0,096	Teste <i>t</i>
Vidro	0,314	Mann-Whitney
Não recicláveis	0,987	Mann-Whitney

Fonte: Os autores, 2025.

As embalagens de plástico e metal apresentaram diferenças estatisticamente significativas entre áreas comerciais e residenciais ($p < 0,10$), indicando que esses materiais são descartados em proporções distintas entre os dois tipos de área.

A análise descritiva mostrou que o perfil residencial apresentou maior média de geração de resíduos plásticos e metais, conforme dados apresentados na **Tabela 6-7**.

Tabela 6-7 – Média e desvio padrão da quantidade de embalagens entre perfis de regionais por tipologia de embalagem.

PERFIL	MEDIDA	PAPEL	PLÁSTICO	METAL	VIDRO	NÃO REICLÁVEL
COMERCIAL	MÉDIA	32,5%	40,5%	4,0%	9,4%	13,6%
	D.P. ¹	6,8%	8,7%	1,8%	6,4%	5,4%
RESIDENCIAL	MÉDIA	30,0%	44,9%	5,3%	6,8%	13,0%
	D.P. ¹	5,8%	4,9%	2,5%	2,7%	3,3%

Fonte: Os autores, 2025.

Embora se esperasse maior geração de resíduos plásticos e metais em áreas comerciais, devido intensidade do consumo, ao perfil de produtos utilizados e ao descarte mais frequente de embalagens descartáveis, os dados indicaram o contrário:



as regiões de perfil residencial apresentaram valores mais altos e estatisticamente significativos. Esse resultado pode ser explicado por fatores como maior eficiência da coleta seletiva em áreas residenciais, subnotificação dos resíduos comerciais em sistemas públicos de coleta, e o alto volume de embalagens plásticas e metálicas gerados no consumo doméstico contínuo, como o uso de garrafas PET, embalagens de produtos de limpeza, latas de alimentos e bebidas, entre outros.

Dessa forma, os resultados observados não invalidam a expectativa teórica, mas mostram que a dinâmica de geração e descarte de resíduos nas diferentes regiões é influenciada por fatores contextuais e operacionais, como o sistema de coleta, o perfil habitacional e os hábitos de separação de resíduos. Assim, as médias mais elevadas de resíduos plásticos e metálicos nas regiões residenciais, ainda que contraintuitivas, refletem uma realidade prática do território analisado, e foram confirmadas estatisticamente.



7. CONCLUSÃO

A presente pesquisa realizou a caracterização gravimétrica dos resíduos domiciliares da cidade de Belo Horizonte, com foco na identificação e caracterização do resíduo de embalagem, através do sistema de coleta seletiva da Superintendência de Limpeza Urbana – SLU.

Verificou-se que os resíduos de embalagens, passíveis de logística reversa, representam um quantitativo representativo (22,6%) dos resíduos domiciliares, valor ainda mais impactante quando se avalia a participação das embalagens em relação aos resíduos secos (84,5%), foco da coleta seletiva.

Além da significativa representatividade das embalagens no RDO, chama a atenção também a presença de embalagens classificadas como “não recicláveis” (13,3%), muitas delas associadas ao setor de alimentos e compostas por materiais de difícil reaproveitamento, como multicamadas e metalizados.

Cidades como Belo Horizonte, com maior nível de industrialização e com comércio mais desenvolvido costumam apresentar essas características em função do aumento do uso de embalagens, que nem sempre são recicláveis. Esse cenário está relacionado à importância da implementação de políticas públicas voltadas à responsabilidade pós-consumo, à análise do ciclo de vida dos produtos e à comercialização de itens com embalagens sustentáveis.

A análise setorial evidenciou que a maior parte das embalagens é de origem não identificada, reunida na categoria “Outros” — o que indica não apenas limitações na rastreabilidade, mas também a necessidade de melhorias nos processos de rotulagem e identificação de embalagens.

Além disso, foi observado que as diferenças entre regionais, tanto em perfil comercial quanto residencial, não se mostraram estatisticamente significativas na maioria dos casos, com exceção de algumas variações nas frações de plástico e metal.

Embora a análise estatística não tenha identificado diferenças significativas na geração de resíduos entre as regionais em termos gerais, uma exceção importante foi observada: a regional Centro-Sul apresentou um percentual significativamente mais elevado de embalagens plásticas (52,8%) em comparação com as regionais Leste (38,6%) e Pampulha (38,6%). Esse achado está possivelmente relacionado ao maior poder aquisitivo da população local, ao consumo de produtos embalados em maior volume e ao perfil demográfico predominante, fatores que influenciam os padrões de descarte.



Os dados obtidos representam uma base técnica essencial para subsidiar políticas públicas e ações do Ministério Público voltadas à responsabilização de FIDC e à efetiva implementação da logística reversa de embalagens. Os resultados também reforçam a importância do fortalecimento das cooperativas de catadoras(es), que são agentes centrais na cadeia da reciclagem, mas que ainda enfrentam limitações operacionais e de remuneração.

Dessa forma, o presente estudo contribui significativamente para o diagnóstico dos resíduos de embalagens em Belo Horizonte, oferecendo subsídios concretos para a construção de um modelo de gestão de resíduos mais eficiente, justo e alinhado aos princípios da economia circular. A continuidade de monitoramentos sistemáticos e a integração entre os diferentes atores — poder público, setor produtivo e sociedade civil — são elementos-chave para o avanço da coleta seletiva e da logística reversa no município.



8. REFERÊNCIAS

ABIEF – ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DA INDÚSTRIA DE EMBALAGENS PLÁSTICAS FLEXÍVEIS. *Panorama da indústria de embalagens plásticas flexíveis*. São Paulo: ABIEF, 2023.

ALKMIN, D. E.; UBERTO JÚNIOR, L. R. Determinação da composição gravimétrica dos resíduos sólidos urbanos (RSU) do lixão do município de Maria da Fé, estado de Minas Gerais. *Caminhos da Geografia*, v. 18, n. 61, p. 65-82, 2017. Disponível em: <https://doi.org/10.14393/RCG186105>. Acesso em: 27 maio 2025.

AL-KHATIB, I. A. et al. Solid waste characterization, quantification and management practices in developing countries: A case study: Nablus district – Palestine. *Journal of Environmental Management*, v. 91, n. 5, p. 1131-1138, 2010. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.jenvman.2010.01.003>. Acesso em: 27 maio 2025.

BFFP – BREAK FREE FROM PLASTIC. *BRANDED: In Search of the World's Top Corporate Plastic Polluters – Volume 1*. 2018. Disponível em: <https://www.breakfreefromplastic.org/download/branded-in-search-of-the-worlds-top-corporate-plastic-polluter-volume-1/>. Acesso em: 14 maio 2025.

BRASIL. Ministério das Cidades – Secretaria Nacional de Saneamento Ambiental. *Diagnóstico do Manejo de Resíduos Sólidos Urbanos – 2016*. Sistema Nacional de Informações sobre Saneamento – SNIS. Brasília, 2018.

CEMPRE – COMPROMISSO EMPRESARIAL PARA RECICLAGEM. *Lixo municipal: manual de gerenciamento integrado*. Coordenação: André Vilhena. 4. ed. São Paulo: CEMPRE, 2018. Disponível em: http://cempre.org.br/upload/Lixo_Municipal_2018.pdf. Acesso em: 12 abr. 2025.

CREDIT SUISSE CENTER FOR SUSTAINABILITY. *Plastic pollution: Pathways to net zero*. 2023. Disponível em: <https://www.renature.co/articles/plastic-pollution-and-agriculture>. Acesso em: 27 maio 2025.

EDJABOU, M. E. et al. Municipal solid waste composition: Sampling methodology, statistical analyses, and case study evaluation. *Waste Management*, v. 36, p. 12-23, 2015.

JADOON, A.; BATOOL, S. A.; CHAUDHRY, M. N. Assessment of factors affecting household solid waste generation and its composition in Gulberg Town, Lahore, Pakistan.



Journal of Material Cycles and Waste Management, v. 16, n. 1, p. 73-81, 2014. Disponível em: <http://dx.doi.org/10.1007/s10163-013-0146-5>. Acesso em: 27 maio 2025.

LEITE, P. R. Os dilemas do mercado e da reciclabilidade de produtos e materiais reaproveitáveis. 2025. Disponível em: <https://www.linkedin.com/pulse/os-dilemas-do-mercado-e-da-reciclabilidade-de-produtos-leite/>. Acesso em: 5 maio 2025.

LICCO, A. E. *Qualidade ambiental e sustentabilidade*. Curso EAD – Gerenciamento de Risco, aula 1. São Paulo: Senac, 2014. Disponível em: <https://senacsp.blackboard.com>. Acesso em: 21 maio 2025.

NOSSA BH. *Mapa das desigualdades da RMBH*. 2021. Disponível em: <https://nossabh.org.br/uploads/2021/06/Mapa-das-desigualdades-da-RMBH-2021.pdf>. Acesso em: 23 maio 2025.

OGWUELEKA, T. C. Survey of household waste composition and quantities in Abuja, Nigeria. *Resources, Conservation and Recycling*, v. 77, p. 52-60, 2013. Disponível em: <http://dx.doi.org/10.1016/j.resconrec.2013.05.011>. Acesso em: 27 maio 2025.

PBH – PREFEITURA DE BELO HORIZONTE. *Centralidades*. 2023. Disponível em: <https://prefeitura.pbh.gov.br/politica-urbana/planejamento-urbano/centralidades>. Acesso em: 20 mar. 2025.

PIMENTA, M. F. et al. A coleta seletiva em Belo Horizonte, Minas Gerais: uma análise da importância do engajamento popular. *Revista Gestão & Sustentabilidade Ambiental*, v. 11, n. 1, p. 290-309, 2022.

SILVA, H. Aspectos demográficos associados à geração de resíduos domiciliares no município de Belo Horizonte, 2002. 2002. Disponível em: https://repositorio.ufmg.br/bitstream/1843/AMSA-8A7PM6/1/harley_silva_2008.pdf. Acesso em: 23 maio 2025.

SLU. Contratos de Coleta Seletiva. 2024. Disponíveis em: <https://prefeitura.pbh.gov.br/transparencia/licitacoes-e-contratos/editais-e-contratos/slu-coleta>. Acesso em: 15 jan. 2025.

VLACHOS, I. P. Reverse food logistics during the product life cycle. *International Journal of Integrated Supply Management*, v. 9, n. 1-2, p. 49-83, 2014.

