

**INSTITUTO FEDERAL DE EDUCAÇÃO CIÊNCIA E TECNOLOGIA DE MINAS  
GERAIS - *CAMPUS* AVANÇADO PIUMHI  
BACHARELADO EM ENGENHARIA CIVIL**

Samuel Henrique Oliveira Lima

**ESTUDO GRAVIMÉTRICO DOS RESÍDUOS SÓLIDOS URBANOS DO MUNICÍPIO  
DE SÃO ROQUE DE MINAS - MG**

Piumhi - MG

2024

Samuel Henrique Oliveira Lima

**ESTUDO GRAVIMÉTRICO DOS RESÍDUOS SÓLIDOS URBANOS DO MUNICÍPIO  
DE SÃO ROQUE DE MINAS - MG**

Trabalho de conclusão de curso de graduação apresentado ao Instituto Federal de Ciência e Tecnologia de Minas Gerais como requisito parcial para a obtenção do título de Bacharel em Engenharia Civil.

Orientador: Professor Me. Humberto Coelho de Melo

Piumhi - MG

2024

---

L732e Lima, Samuel Henrique Oliveira.  
Estudo gravimétrico dos resíduos sólidos urbanos no município de São Roque de Minas-MG [manuscrito] / Samuel Henrique Oliveira Lima. – 2024.  
72 f. : il. color.

Orientador: Humberto Coelho de Melo.  
Trabalho de Conclusão de Curso (bacharelado) – Instituto Federal Minas Gerais. *Campus Avançado Piumhi*, 2024.

1. Gestão integrada de resíduos sólidos. 2. Redução de resíduos. 3. Aterro sanitário. I. Melo, Humberto Coelho de. II. Instituto Federal de Minas Gerais. *Campus Avançado Piumhi*. III. Título.

CDD 363.728

---

Catálogo: Andreia Cristina Damasceno - CRB-6/1974



**MINISTÉRIO DA EDUCAÇÃO**  
**SECRETARIA DE EDUCAÇÃO PROFISSIONAL E TECNOLÓGICA**  
**INSTITUTO FEDERAL DE EDUCAÇÃO, CIÊNCIA E TECNOLOGIA DE MINAS GERAIS**  
Campus Avançado Piumhi  
Diretoria de Ensino  
Docentes Campus Avançado Piumhi  
Rua Severo Veloso 1880 - Bairro Bela Vista - CEP 37925-000 - Piumhi - MG  
(37)3371-3353 - www.ifmg.edu.br

Samuel Henrique Oliveira Lima

## **ESTUDO GRAVIMÉTRICO DOS RESÍDUOS SÓLIDOS URBANOS DO MUNICÍPIO DE SÃO ROQUE DE MINAS - MG**

Trabalho de conclusão de curso de graduação apresentado ao Instituto Federal de Ciência e Tecnologia de Minas Gerais como requisito parcial para a obtenção do título de Bacharel em Engenharia Civil.

Aprovado em: 09/08/2024 pela banca examinadora:

### **BANCA EXAMINADORA**



Documento assinado eletronicamente por **Humberto Coelho de Melo, Professor**, em 09/08/2024, às 16:31, conforme Decreto nº 10.543, de 13 de novembro de 2020.



Documento assinado eletronicamente por **Patrícia Vieira Medeiros, Professor(a) Substituto(a)**, em 09/08/2024, às 17:03, conforme Decreto nº 10.543, de 13 de novembro de 2020.



Documento assinado eletronicamente por **Stella Maria Gomes, Professora**, em 09/08/2024, às 17:25, conforme Decreto nº 10.543, de 13 de novembro de 2020.



Documento assinado eletronicamente por **Vinícius Silva Tanajura, Professor EBTT**, em 09/08/2024, às 17:40, conforme Decreto nº 10.543, de 13 de novembro de 2020.



Documento assinado eletronicamente por **Evelisy Cristina de Oliveira Nassor, Professora**, em 12/08/2024, às 20:58, conforme Decreto nº 10.543, de 13 de novembro de 2020.



A autenticidade do documento pode ser conferida no site <https://sei.ifmg.edu.br/consultadocs> informando o código verificador **1963242** e o código CRC **471AB7C1**.

## **AGRADECIMENTOS**

Agradeço primeiramente à Deus, por ter me capacitado e me dado forças e disposição para chegar até aqui, sem Ele, nada disso seria possível.

À minha esposa e toda minha família e amigos que foram plataformas em minha vida e que sempre me apoiaram mesmo em meio as dificuldades que surgiram ao longo dessa desafiante jornada que é a graduação.

Ao meu professor orientador Me. Humberto Coelho de Melo, que depositou sua confiança em mim e por sua disponibilidade e atenção que foram direcionadas a mim durante todo esse árduo trabalho.

Aos demais professores do IFMG – Campus Avançado Piumhi que transmitiram os seus conhecimentos moldando em mim um caráter digno de um verdadeiro profissional e ser humano.

Também a todos os colaboradores do Campus que fizeram parte de forma direta ou indireta em minha formação.

## RESUMO

A geração de resíduos sólidos é intrínseca a toda atividade humana. Diante disso, é de grande importância que esses resíduos sejam destinados de forma correta, para que os danos causados ao meio ambiente e à saúde pública sejam minimizados. Portanto, é fundamental que seja realizado um estudo que torne possível intervir de maneira econômica e ambientalmente viável. Nesse sentido, o estudo gravimétrico dos Resíduos Sólidos Urbanos (RSU) é fundamental, pois, através dos dados obtidos nesse estudo será possível criar parâmetros que serão essenciais nas tomadas de decisões em relação ao gerenciamento dos RSU gerados pelo município de São Roque de Minas-MG, que atualmente tem sua população estimada em torno de 7.130 habitantes (IBGE, 2022). A metodologia utilizada nesse estudo foi a de quarteamento, que está em consonância com a ABNT NBR 10.007/2004. O acompanhamento das atividades necessárias ocorreu de forma periódica, para que os resultados obtidos fossem consistentes. Após a conclusão e de posse dos dados obtidos através do estudo gravimétrico, espera-se que o estudo em questão possa contribuir com a gestão local no que tange ao gerenciamento de resíduos sólidos urbanos, para que o município esteja dentro dos parâmetros estabelecidos por leis, resoluções, normas e em consonância com diversos Objetivos de Desenvolvimento Sustentável (ODS) constituídos pela Organização das Nações Unidas (ONU), dos quais destacam-se: 6. Água potável e saneamento; 11. Cidades e comunidades sustentáveis; 14. Vida na água; 17. Parcerias e meios de implementação.

Palavras-chave: Gestão integrada de resíduos sólidos. Redução de resíduos. Aterro sanitário.

## ABSTRACT

The generation of solid waste is intrinsic to all human activities. Therefore, it is of great importance that this waste is properly disposed of to minimize the damage caused to the environment and public health. Hence, it is essential to conduct a study that makes it possible to intervene in an economically and environmentally viable manner. In this regard, the gravimetric study of Urban Solid Waste (USW) is fundamental, as the data obtained from this study will make it possible to create parameters that will be essential in decision-making regarding the management of USW generated by the municipality of São Roque de Minas-MG, which currently has an estimated population of around 7,130 inhabitants (IBGE, 2022). The methodology used in this study was quartering, which is in accordance with ABNT NBR 10.007/2004. The necessary activities were monitored periodically to ensure that the results obtained were consistent. Upon completion and possession of the data obtained through the gravimetric study, it is expected that this study can contribute to local management regarding the management of urban solid waste, so that the municipality is within the parameters established by laws, resolutions, norms, and in accordance with various Sustainable Development Goals (SDGs) established by the United Nations (UN), among which the following stand out: 6. Clean water and sanitation; 11. Sustainable cities and communities; 14. Life below water; 17. Partnerships for the goals.

Keywords: Integrated solid waste management. Waste reduction. Sanitary landfill.

## LISTA DE FIGURAS

Figura 1 - Localização da área de estudo .....	34
Figura 2 - Veículo da coleta convencional.....	35
Figura 3 - Tambores, lona e sacos plásticos .....	36
Figura 4 - Enxada para homogeneização .....	36
Figura 5 - Etapas para a caracterização dos RSU de São Roque Minas .....	39
Figura 6 - Treinamento da equipe.....	40
Figura 7 - Processo de quarteamento .....	42
Figura 8 - Despejo dos RSU de São Roque de Minas sobre a lona.....	42
Figura 9 - Quarteamento realizado com o auxílio de uma retroescavadeira .....	43
Figura 10 - Acondicionamento das amostras dos RSU para triagem .....	43
Figura 11 - Triagem dos RSU .....	45
Figura 12 - Pesagem por categoria .....	46

## LISTA DE GRÁFICOS

Gráfico 1 - Estimativa da Composição Gravimétrica média dos RSU coletados no Brasil. ...	25
Gráfico 2 - Distribuição de Resíduos em 2016 por Região.....	31
Gráfico 3 - Quantidade de RSU gerados em 2016 por região.....	32
Gráfico 4 - Projeção de geração de RSU no mundo até 2050.....	32
Gráfico 5 - Gravimetria diária dos RSU .....	47
Gráfico 6 - Gravimetria dos RSU – Segunda-feira (25/10/2021).....	48
Gráfico 7 - Gravimetria dos RSU – Terça-feira (09/11/2021).....	48
Gráfico 8 - Gravimetria dos RSU – Quarta-feira (27/10/2021).....	49
Gráfico 9 - Gravimetria dos RSU – Quinta-feira (28/10/2021).....	49
Gráfico 10 - Gravimetria dos RSU – Sexta-feira (29/10/2021).....	50
Gráfico 11 - Gravimetria dos RSU – Semanal .....	50
Gráfico 12 - Possíveis destinações.....	51
Gráfico 13 - Quantidade (em kg) de resíduos .....	52
Gráfico 14 - Geração per capita (kg/hab./dia).....	53

## LISTA DE QUADROS

Quadro 1 - Classificação dos resíduos sólidos de acordo com a NBR 10.004/2004.....	19
Quadro 2 - Datas das coletas dos RSU para caracterização gravimétrica.....	41
Quadro 3 - Categorias e exemplos de resíduos da composição gravimétrica .....	44

## LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Participação regional na geração de RSU em 2022 .....	30
Tabela 2 - Participação das regiões na geração de RSU em 2020.....	33
Tabela 3 - Setores de atividade econômica de São Roque de Minas.....	34

## LISTA DE SIGLAS

ABCP	Associação Brasileira de Cimento Portland
ABNT	Associação Brasileira de Normas Técnicas
ABRELPE	Associação Brasileira de Empresas de Limpeza Pública e Resíduos Especiais
ABREMA	Associação Brasileira de Resíduos e Meio Ambiente
ALMG	Assembleia Legislativa de Minas Gerais
CEMPRE	Compromisso Empresarial Para Reciclagem
CICANASTRA	Consórcio Intermunicipal da Serra da Canastra, Alto São Francisco e Médio Rio Grande
CNI	Confederação Nacional da Indústria
CONAMA	Conselho Nacional do Meio Ambiente
COPAM	Conselho Estadual de Política Ambiental
EPI	Equipamentos de proteção individual
FEAM	Fundação Estadual do Meio Ambiente
IBGE	Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística
IFMG	Instituto Federal de Minas Gerais
MMA	Ministério do Meio Ambiente
ODS	Objetivos de Desenvolvimento Sustentável
ONU	Organização das Nações Unidas
PEV	Pontos de Entrega Voluntária
PIB	Produto Interno Bruto
PIBEX	Programa Institucional de Bolsas de Extensão
PNRS	Política Nacional de Resíduos Sólidos
RSU	Resíduos sólidos urbanos
SINIR	Sistema Nacional de Informações sobre a Gestão dos Resíduos Sólidos
SNIS	Sistema Nacional de Informações sobre Saneamento

## SUMÁRIO

<b>1</b>	<b>INTRODUÇÃO.....</b>	<b>14</b>
<b>2</b>	<b>OBJETIVOS .....</b>	<b>16</b>
2.1	OBJETIVO GERAL .....	16
2.2	OBJETIVOS ESPECÍFICOS .....	16
<b>3</b>	<b>REFERENCIAL TEÓRICO .....</b>	<b>17</b>
3.1	DEFINIÇÃO DE RESÍDUOS SÓLIDOS.....	17
3.2	CLASSIFICAÇÃO DOS RESÍDUOS SÓLIDOS.....	18
3.2.1	Classificação quanto à origem.....	18
3.2.2	Classificação quanto à periculosidade .....	19
3.3	LEGISLAÇÃO .....	20
3.3.1	Política Nacional de Resíduos Sólidos.....	20
3.3.2	Política Estadual de Resíduos Sólidos .....	21
3.4	DISPOSIÇÃO FINAL DOS RESÍDUOS SÓLIDOS.....	22
3.4.1	Disposição final de resíduos sólidos em lixões .....	23
3.4.2	Disposição final de resíduos sólidos em aterro controlado .....	23
3.4.3	Disposição final de resíduos sólidos em aterro sanitário .....	23
3.5	COMPOSTAGEM.....	24
3.6	COPROCESSAMENTO.....	25
3.7	RECICLAGEM .....	27
3.8	LOGÍSTICA REVERSA.....	28
3.9	ESTUDO GRAVIMÉTRICO.....	28
3.9.1	Composição gravimétrica.....	28
3.9.2	Geração per capita.....	29
3.9.3	Peso específico.....	29
3.10	QUARTEAMENTO .....	29
3.11	PANORAMA DE RESÍDUOS SÓLIDOS NO BRASIL .....	29
3.12	PANORAMA DE RESÍDUOS SÓLIDOS NO MUNDO .....	30
3.13	PANORAMA DE RESÍDUOS SÓLIDOS EM MINAS GERAIS .....	32
3.14	PANORAMA DE RESÍDUOS SÓLIDOS DURANTE A PANDEMIA DA COVID-19.....	33
<b>4</b>	<b>MATERIAIS E MÉTODO .....</b>	<b>34</b>
4.1	ÁREA DE ESTUDO.....	34

4.2	MATERIAIS .....	35
4.3	PARCEIROS .....	37
4.3.1	IFMG – Campus Avançado Piumhi.....	37
4.3.2	Prefeitura Municipal de São Roque de Minas .....	37
4.3.3	CICANASTRA.....	38
4.3.4	Grupo Gaia .....	38
4.4	METODOLOGIA .....	39
4.5	CARACTERIZAÇÃO GRAVIMÉTRICA.....	40
4.5.1	Treinamento da equipe.....	40
4.5.2	Amostragem e quarteamento dos RSU .....	40
4.5.3	Triagem dos RSU.....	44
<b>5</b>	<b>RESULTADOS .....</b>	<b>47</b>
<b>6</b>	<b>DISCUSSÃO .....</b>	<b>54</b>
<b>7</b>	<b>TRABALHOS FUTUROS.....</b>	<b>56</b>
7.1	EXPANSÃO TEMPORAL E SAZONAL.....	56
7.2	COMPARAÇÃO COM OUTROS MUNICÍPIOS.....	56
7.3	ANÁLISE DE IMPACTO AMBIENTAL.....	56
7.4	DESENVOLVIMENTO DE TECNOLOGIAS DE RECICLAGEM E COMPOSTAGEM.....	56
7.5	EDUCAÇÃO E SENSIBILIZAÇÃO AMBIENTAL.....	57
7.6	PARCERIAS E COLABORAÇÕES .....	57
7.7	AVALIAÇÃO ECONÔMICA .....	57
<b>8</b>	<b>CONSIDERAÇÕES FINAIS.....</b>	<b>58</b>
	<b>REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS .....</b>	<b>59</b>
	<b>APÊNDICE A - FICHA DE APONTAMENTO DIÁRIO DE COLETA .....</b>	<b>62</b>
	<b>APÊNDICE B - DADOS DAS AMOSTRAS COLETADAS.....</b>	<b>63</b>
	<b>APÊNDICE C - COMPOSIÇÃO GRAVIMÉTRICA .....</b>	<b>68</b>

## 1 INTRODUÇÃO

O aumento desenfreado da população, aliado à progressiva disseminação de bens de consumo descartáveis, resultou em um considerável acréscimo na geração de resíduos sólidos urbanos (RSU) em nível global. As cidades, globalmente, geram cerca de 1,3 bilhões de toneladas de resíduos sólidos por ano, com uma expectativa de aumento para 2,2 bilhões de toneladas até 2025. Esse crescimento será mais acentuado nos países de baixa renda, onde as taxas de geração de resíduos irão mais do que dobrar nos próximos vinte anos (Hoornweg & Bhada-Tata, 2012, p. v).

Esse crescimento industrial exacerbado, notadamente durante o período da pandemia da COVID-19, impulsionou essa produção, gerando impactos significativos ao meio ambiente e à saúde pública devido ao descarte inadequado desses materiais. Tal cenário representa um desperdício potencial, considerando que boa parte dos resíduos poderia ser reutilizada ou reciclada, resultando na preservação de recursos naturais e econômicos, além da redução das emissões de CO<sub>2</sub>. A gestão inadequada de resíduos contribui para inundações, poluição do ar e impactos na saúde pública, como doenças respiratórias, diarreia e dengue. Localmente, resíduos sólidos não coletados resultam em despejo indiscriminado e queima a céu aberto, com sérios impactos ambientais e de saúde (Hoornweg & Bhada-Tata, 2012, p. 5, 13).

A geração de resíduos é influenciada por uma variedade de fatores, incluindo aspectos culturais, hábitos de consumo, nível de renda, padrões de vida, condições climáticas e características demográficas como sexo e idade. Esses fatores estão diretamente relacionados à origem dos resíduos e às atividades básicas de manutenção da vida. Além disso, a economia de um país desempenha um papel crucial na quantidade de resíduos gerados; em períodos de recessão econômica, a quantidade de resíduos coletados tende a diminuir devido ao aumento da reutilização e à redução na geração de novos resíduos (Bidone & Pivonelli, 1999).

No Brasil, desde 2010, a Lei Federal nº 12.305/2010, complementada pelo Decreto Federal nº 7.404/2010, estabeleceu a Política Nacional de Resíduos Sólidos (PNRS). Essa legislação visa não somente à redução do volume de resíduos em aterros sanitários, mas também ao estímulo à reutilização, recuperação e reciclagem de materiais, minimizando os impactos negativos ao meio ambiente e à saúde pública.

A PNRS despertou uma mudança significativa, transformando a responsabilidade sobre os resíduos sólidos em uma preocupação compartilhada entre setores diversos, incluindo poder público, fabricantes, comerciantes e consumidores. Nesse contexto, os municípios

brasileiros foram compelidos a aprimorar o manejo de seus resíduos, buscando alternativas mais eficazes para a gestão, tratamento e disposição final dos RSU.

No âmbito de Minas Gerais, o Consórcio Intermunicipal da Serra da Canastra, Alto São Francisco e Médio Rio Grande (CICANASTRA), constituído de acordo com a Lei Federal nº 11.107/2005 e o Decreto Federal nº 6.017/2007, emergiu com o intuito de também promover a gestão dos resíduos sólidos urbanos dos municípios associados, incluindo Capitólio, Córrego Fundo, Doresópolis, Piumhi, Pimenta, São Roque de Minas e Vargem Bonita.

Atualmente, a base do planejamento da gestão e gerenciamento dos RSU nos municípios do CICANASTRA baseia-se em dados secundários provenientes do Sistema Nacional de Informações sobre Saneamento (SNIS). No entanto, essas informações nem sempre refletem a realidade da geração, tipologia e logística de coleta e disposição final dos resíduos sólidos urbanos de cada cidade associada. A necessidade de um estudo gravimétrico surgiu como resposta à carência de dados precisos, fundamentais para propor modelos apropriados de gestão e gerenciamento dos RSU em cada município.

Os resultados do estudo gravimétrico dos resíduos sólidos urbanos do município de São Roque de Minas – MG fornecerão dados relevantes e confiáveis para o alinhamento do município às diretrizes da PNRS, de modo que se busquem alternativas que promovam uma gestão mais eficiente e um melhor gerenciamento dos resíduos sólidos urbanos.

## **2 OBJETIVOS**

### **2.1 Objetivo Geral**

Caracterizar os resíduos sólidos urbanos do município de São Roque de Minas-MG, por meio de um estudo gravimétrico, com o objetivo de fornecer subsídios para a melhoria da gestão e do gerenciamento desses resíduos.

### **2.2 Objetivos Específicos**

1. Identificar as principais categorias de RSU gerados no município de São Roque de Minas.
2. Quantificar a composição gravimétrica dos RSU, detalhando a proporção de cada categoria de resíduo.
3. Analisar a variação na geração de RSU ao longo do período de estudo.
4. Comparar os resultados obtidos com os parâmetros estabelecidos pela legislação vigente referente à gestão de resíduos sólidos.
5. Contribuir com informações precisas para a implementação de estratégias mais eficientes de coleta seletiva, reciclagem e disposição final dos RSU em São Roque de Minas.

### 3 REFERENCIAL TEÓRICO

#### 3.1 Definição de Resíduos Sólidos

Segundo Monteiro *et al.* (2001), define-se resíduo sólido como todo material sólido ou semissólido considerado indesejável e inútil por quem o descarta. No entanto, essa definição não se limita à inutilidade desses materiais, pois aquilo que não possui utilidade para quem o descarta pode ser reaproveitado como matéria-prima em novos produtos ou processos.

Figueira (2016) afirma que é crucial compreender tecnicamente a distinção entre os termos "lixo" e "resíduo". De modo geral, considera-se que todo resíduo tem potencial para reutilização. Figueira ressalta ainda que, se um determinado objeto não tiver mais valor para seu possuidor após a utilização, esse objeto pode ser considerado como um resíduo de valor agregado para um terceiro. Dessa forma, é de grande importância conhecer a definição técnica de acordo com as normas vigentes.

A NBR 10004/2004, norma técnica da Associação Brasileira de Normas Técnicas (ABNT) que é fundamental para o gerenciamento adequado dos resíduos sólidos no Brasil, define resíduos sólidos como:

Resíduos sólidos: resíduos nos estados sólido e semissólido, que resultam de atividades de origem industrial, doméstica, hospitalar, comercial, agrícola, de serviços e de varrição. Ficam incluídos nesta definição os lodos provenientes de sistemas de tratamento de água, aqueles gerados em equipamentos e instalações de controle de poluição, bem como determinados líquidos cujas particularidades tornem inviável o seu lançamento na rede pública de esgotos ou corpos de água, ou exijam para isso soluções técnica e economicamente inviáveis em face à melhor tecnologia disponível. (ABNT, 2004, p.1).

A Lei Federal n.º 12.305/2010, que institui a Política Nacional de Resíduos Sólidos, também traz uma definição clara sobre resíduos sólidos, em seu artigo 3º, inciso XVI:

Resíduos sólidos: material, substância, objeto ou bem descartado resultante de atividades humanas em sociedade, a cuja destinação final se procede, se propõe proceder ou se está obrigado a proceder, nos estados sólido ou semissólido, bem como gases contidos em recipientes e líquidos cujas particularidades tornem inviável o seu lançamento na rede pública de esgotos ou em corpos d'água, ou exijam para isso soluções técnica ou economicamente inviáveis em face da melhor tecnologia disponível. (BRASIL, 2010, Art. 3º, XVI)

Além disso, a Lei Federal n.º 12.305/2010 traz a definição de rejeitos:

Rejeitos: resíduos sólidos que, depois de esgotadas todas as possibilidades de tratamento e recuperação por processos tecnológicos disponíveis e economicamente viáveis, não apresentem outra possibilidade que não a disposição final ambientalmente adequada. (BRASIL, 2010, Art. 3º, XV).

## 3.2 Classificação dos Resíduos Sólidos

Monteiro *et al.* (2001) destacam que existem diversas formas de classificar os resíduos sólidos. As classificações mais comuns são baseadas nos riscos potenciais de contaminação ambiental e na natureza ou origem dos resíduos.

Figueira (2016) enfatiza que compreender as propriedades e características dos RSU, assim como conhecer suas origens, é essencial para atribuir responsabilidades e tomar decisões informadas sobre as diferentes etapas de seu gerenciamento.

### 3.2.1 Classificação quanto à origem

De acordo com a Lei n.º 12.305, de 2 de agosto de 2010, no artigo 13º, os resíduos sólidos são classificados quanto à origem da seguinte maneira:

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

Conforme Chayb (2019), a origem dos resíduos é crucial para identificar os riscos ambientais que eles podem representar, sendo que cada gerador tem a responsabilidade de assegurar o acondicionamento, transporte, tratamento e destinação final adequados dos resíduos produzidos. No entanto, a classificação dos resíduos com base em sua origem não tem sido suficientemente abrangente para incluir todos os resíduos que requerem atenção, devido às suas características específicas e à diversidade de resíduos gerados em diferentes atividades e ambientes.

### 3.2.2 Classificação quanto à periculosidade

A NBR 10004/2004 traz a classificação dos resíduos sólidos como resíduos classe I – perigosos e resíduos classe II – não perigosos, conforme é apresentado no Quadro 1.

Quadro 1 - Classificação dos resíduos sólidos de acordo com a NBR 10.004/2004

Resíduos Classe I – Perigosos	Resíduos que, em função de suas características de inflamabilidade, corrosividade, reatividade, toxicidade e patogenicidade, podem apresentar riscos à saúde pública, provocando ou contribuindo para o aumento da mortalidade ou incidência de doenças e/ou apresentar efeitos adversos ao meio ambiente, quando manuseados ou dispostos de forma inadequada.	
Resíduos Classe II – Não perigosos	Esses resíduos são divididos em duas classes; classe II A – Não inertes e classe II B – Inertes.	Resíduos classe II A – Não inertes: são aqueles que não se enquadram nos Resíduos classe I – Perigosos e Resíduos classe II B – Inertes. Podem ter as seguintes propriedades: biodegradabilidade, combustibilidade ou solubilidade em água.
		Resíduos classe II B – Inertes: são resíduos sólidos que, submetidos a testes de solubilização, não apresentam nenhum de seus constituintes solubilizados em concentrações superiores aos padrões de potabilidade da água, executando-se os padrões, aspecto, cor, turbidez e sabor.

Fonte: ABNT, 2004

A Lei nº 12.305/2010, que institui a PNRS, estabelece critérios claros para a classificação dos resíduos sólidos com base na sua periculosidade. Essa classificação é fundamental para a gestão adequada dos resíduos, visando minimizar os riscos à saúde pública e ao meio ambiente (Brasil, 2010).

De acordo com a legislação, resíduos perigosos são aqueles que, devido às suas características intrínsecas, apresentam um risco significativo. As características que definem um resíduo como perigoso incluem inflamabilidade, corrosividade, reatividade, toxicidade, patogenicidade, carcinogenicidade, teratogenicidade e mutagenicidade. Esses resíduos são regulamentados por leis, regulamentos ou normas técnicas específicas, que determinam os procedimentos adequados para seu manejo e disposição final.

Por outro lado, resíduos não perigosos são aqueles que não possuem as características mencionadas acima e, portanto, não apresentam os mesmos riscos significativos à saúde pública ou ao meio ambiente. Esses resíduos podem ser gerenciados de maneira menos rigorosa, embora ainda exijam práticas adequadas de manejo para evitar impactos ambientais negativos.

A lei também prevê a possibilidade de equiparação de certos resíduos não perigosos aos resíduos domiciliares. Especificamente, resíduos de serviços públicos de saneamento básico, quando caracterizados como não perigosos, podem ser tratados pelo poder público municipal da mesma forma que os resíduos gerados nas residências. Essa equiparação facilita

a gestão desses resíduos, permitindo que sejam integrados aos sistemas de coleta e disposição final já existentes para resíduos domiciliares, desde que respeitadas as normas ambientais.

De acordo com Capaz e Horta Nogueira (2014), classificar os resíduos sólidos quanto à sua periculosidade é fundamental, pois essa classificação permite elaborar, planejar e implementar corretamente o tratamento mais adequado, considerando os riscos que esses resíduos representam para a saúde e o meio ambiente.

### **3.3 Legislação**

#### **3.3.1 Política Nacional de Resíduos Sólidos**

A Lei Federal n.º 12.305/2010, sancionada em 2010, institui a Política Nacional de Resíduos Sólidos e representa um marco regulatório significativo para a gestão de resíduos sólidos no Brasil. Esta lei foi regulamentada pelo Decreto Federal n.º 7.404/2010 (BRASIL, 2010). Antes da promulgação da PNRS, a gestão de resíduos sólidos era regida pela Lei Federal n.º 11.445/2007, que estabelecia diretrizes nacionais para o saneamento básico, incluindo a gestão de resíduos sólidos como um componente essencial (BRASIL, 2007).

##### **3.3.1.1 Princípios Fundamentais da Política Nacional de Resíduos Sólidos**

A PNRS é guiada por uma série de princípios que norteiam a gestão de resíduos sólidos no país.

A lei enfatiza a adoção de medidas preventivas e precaucionais para minimizar a geração de resíduos e os impactos ambientais associados. Esse princípio está alinhado com a ideia de que é mais eficaz prevenir a poluição do que remediá-la (BRASIL, 2010).

A gestão de resíduos sólidos deve ser conduzida de maneira a promover o desenvolvimento sustentável, equilibrando as necessidades econômicas, sociais e ambientais. Esse princípio busca assegurar que as atividades humanas não comprometam a capacidade das futuras gerações de atenderem suas próprias necessidades (BRASIL, 2010).

A PNRS também enfatiza a responsabilidade compartilhada pelo ciclo de vida dos produtos, esse princípio estabelece que todos os atores envolvidos no ciclo de vida dos produtos, incluindo fabricantes, importadores, distribuidores, comerciantes, consumidores e titulares dos serviços públicos de limpeza urbana e manejo de resíduos sólidos, têm responsabilidades compartilhadas na gestão dos resíduos. A responsabilidade compartilhada visa reduzir o impacto ambiental dos produtos ao longo de todo o seu ciclo de vida, desde a produção até a disposição final (BRASIL, 2010).

### 3.3.1.2 Objetivos da Política Nacional de Resíduos Sólidos

A PNRS estabelece objetivos claros para a gestão de resíduos sólidos no Brasil, incluindo, a proteção da saúde pública, qualidade ambiental, práticas que priorizem a não geração, redução, reutilização, reciclagem e tratamento dos resíduos sólidos ao invés da disposição final. A lei também busca fomentar a indústria da reciclagem, criando condições favoráveis para o desenvolvimento de tecnologias e práticas que promovam a reciclagem de resíduos (BRASIL, 2010).

### 3.3.1.3 Instrumentos da Política Nacional de Resíduos Sólidos

Para alcançar seus objetivos, a PNRS estabelece uma série de instrumentos, destacando-se os planos de resíduos sólidos, acordos setoriais, termos de compromisso e o Sistema Nacional de Informações sobre a Gestão dos Resíduos Sólidos (SINIR) que é um instrumento fundamental para a coleta, sistematização e disseminação de informações sobre a gestão de resíduos sólidos no Brasil. (BRASIL, 2010).

### 3.3.1.4 Diretrizes para a Gestão de Resíduos Sólidos

A PNRS estabelece diretrizes específicas para a gestão de resíduos sólidos, incluindo a logística reversa como um instrumento essencial para a implementação da responsabilidade compartilhada pelo ciclo de vida dos produtos e a responsabilidade pós-consumo. A educação ambiental também se torna uma ferramenta essencial para sensibilizar e mobilizar a sociedade em relação à gestão adequada dos resíduos sólidos. (BRASIL, 2010).

## 3.3.2 Política Estadual de Resíduos Sólidos

De acordo com a Assembleia Legislativa de Minas Gerais (ALMG, 2023), a Lei n.º 18.031, de 12 de janeiro de 2009, institui a Política Estadual de Resíduos Sólidos em Minas Gerais, estabelecendo diretrizes e princípios para a gestão integrada e o gerenciamento adequado dos resíduos sólidos no estado. Esta legislação visa proteger a saúde pública e a qualidade ambiental, promovendo a não geração, redução, reutilização, reciclagem e tratamento dos resíduos sólidos, além da disposição final ambientalmente adequada dos rejeitos.

Entre os principais objetivos da lei estão a prevenção e precaução, o princípio do poluidor-pagador e a responsabilidade compartilhada pelo ciclo de vida dos produtos. A lei

também exige a elaboração de planos de gestão integrada de resíduos sólidos pelos municípios, que devem incluir um diagnóstico detalhado da situação atual e a proposição de ações de curto, médio e longo prazos.

A disposição final dos rejeitos deve ser realizada em aterros sanitários que atendam às normas operacionais e ambientais, sendo proibida a disposição a céu aberto. A lei incentiva a adoção de práticas sustentáveis por meio de instrumentos econômicos, como créditos de reciclagem e incentivos fiscais, e destaca a importância da educação ambiental para a conscientização da população.

A Lei n.º 18.031/2009 está em consonância com a Lei n.º 12.305/2010, que institui a Política Nacional de Resíduos Sólidos, alinhando-se às diretrizes nacionais para a gestão de resíduos sólidos e promovendo a sustentabilidade ambiental e a proteção da saúde pública.

### **3.4 Disposição final dos resíduos sólidos**

A Política Nacional de Resíduos Sólidos estabelece, no artigo 15, inciso III da Seção II, metas de redução, reutilização e reciclagem de resíduos, com o objetivo de diminuir a quantidade de resíduos e rejeitos destinados à disposição final (BRASIL, 2010).

Para compreender as orientações da PNRS quanto à disposição final ambientalmente adequada, é importante analisar a definição técnica desse termo. De acordo com a Lei n.º 12.305/2010, a disposição final ambientalmente adequada é a distribuição ordenada de rejeitos em aterros, observando normas operacionais específicas de modo a evitar danos ou riscos à saúde pública e à segurança, e a minimizar os impactos ambientais adversos (BRASIL, 2010).

É fundamental diferenciar os termos disposição final ambientalmente adequada e destinação ambientalmente adequada. O segundo termo consiste na seguinte definição:

destinação de resíduos que inclui a reutilização, a reciclagem, a compostagem, a recuperação e o aproveitamento energético ou outras destinações admitidas pelos órgãos competentes do Sisnama, do SNVS e do Suasa, entre elas a disposição final, observando normas operacionais específicas de modo a evitar danos ou riscos à saúde pública e à segurança e a minimizar os impactos ambientais adversos. (BRASIL, 2010a, Art. 3º, VIII).

Segundo Figueira (2016), a etapa final no gerenciamento dos resíduos sólidos é a destinação ambientalmente adequada. Entre as opções de destinação para esses resíduos, destacam-se a reutilização, reciclagem, compostagem, recuperação e aproveitamento energético, além de outras formas permitidas pelos órgãos ambientais competentes. A disposição final, no entanto, deve ser considerada apenas como último recurso, aplicada

exclusivamente aos resíduos que não podem ser reciclados ou reaproveitados, e deve ser realizada conforme as normas ambientais, visando evitar impactos negativos ao meio ambiente e à saúde pública.

De acordo com Bidone e Povinelli (1999) e Figueira (2016), os locais de disposição final de resíduos sólidos no Brasil, são denominados de: lixões ou lançamento a céu aberto, aterro controlado e aterro sanitário.

#### 3.4.1 Disposição final de resíduos sólidos em lixões

De acordo com Bidone e Povinelli (1999) e o Compromisso Empresarial Para Reciclagem (CEMPRE) (2018), os lixões ou lançamentos a céu aberto são formas inadequadas de disposição final de resíduos sólidos urbanos e municipais. Nesses locais, os resíduos são simplesmente depositados diretamente no solo, sem a implementação de medidas de proteção ao meio ambiente ou à saúde pública.

#### 3.4.2 Disposição final de resíduos sólidos em aterro controlado

Os aterros controlados, segundo Figueira (2016), são uma alternativa superior à disposição em lixões. Eles incluem algum tipo de contenção física para o lixo depositado ou uma cobertura de argila, terra ou grama. Essas medidas ajudam a mitigar alguns dos impactos negativos associados aos lixões, como a poluição visual e o mau cheiro. No entanto, assim como os lixões a céu aberto, os aterros controlados ainda são prejudiciais ao meio ambiente. Isso ocorre porque os terrenos onde são instalados não recebem preparação adequada. Como resultado, há produção de chorume, contaminação do solo e dos lençóis freáticos, além de tornar os terrenos inadequados para reuso.

#### 3.4.3 Disposição final de resíduos sólidos em aterro sanitário

Seguindo os parâmetros da Política Nacional de Resíduos Sólidos, a disposição final de resíduos sólidos deve seguir normas operacionais específicas para evitar danos ou riscos à saúde pública e à segurança, além de minimizar impactos ambientais adversos.

De acordo com a Associação Brasileira de Resíduos e Meio Ambiente (ABREMA, 2023), a instalação que atende a esses critérios é o aterro sanitário. Esta estrutura de engenharia inclui impermeabilização da base, coleta e aproveitamento ou queima de biogás, drenagem, coleta e tratamento de chorume, além de monitoramento ambiental e geotécnico da área.

Bidone e Povinelli (1999) afirmam que o aterro sanitário é uma técnica de disposição final de resíduos sólidos urbanos que proporciona um confinamento seguro dos resíduos, evitando assim danos ou riscos à saúde pública e minimizando os impactos ambientais.

### 3.5 Compostagem

A compostagem envolve a decomposição biológica de materiais orgânicos por microrganismos, transformando resíduos como dejetos de animais, restos de culturas agrícolas, folhas, serragem e restos de comida em um composto utilizável como adubo (Ferreira, Borba & Wizniewsky, 2013). Segundo Bidone e Povinelli (1999), a compostagem é um processo biológico aeróbio e controlado que transforma resíduos orgânicos em materiais estabilizados. Esse processo altera completamente as propriedades e características do material original, resultando em um produto muito diferente dos resíduos iniciais.

De acordo com a NBR 13591:1996, compostagem é definida como:

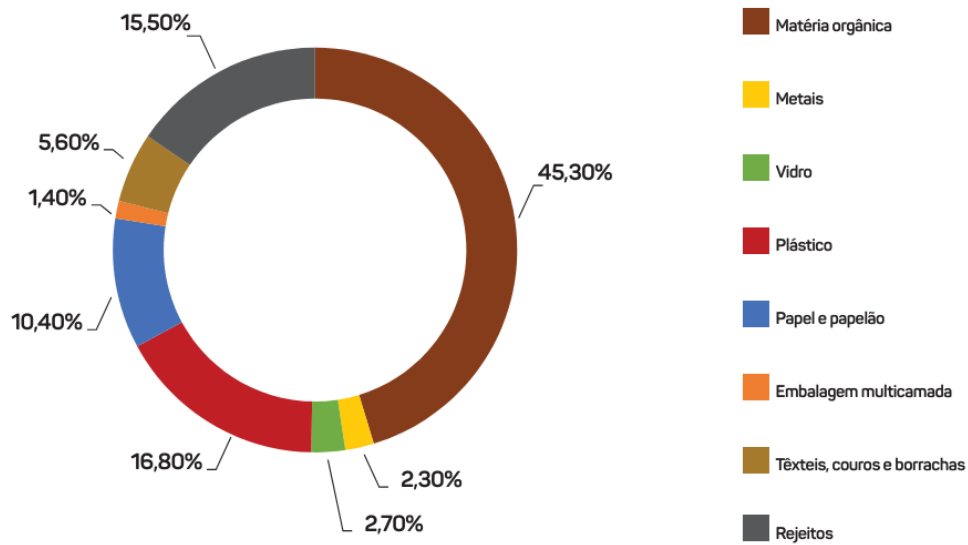
Processo de decomposição biológica da fração orgânica biodegradável dos resíduos, efetuado por uma população diversificada de organismos, em condições controladas de aerobiose e demais parâmetros, desenvolvido em duas etapas distintas: uma de degradação ativa e outra de maturação.

Monteiro *et al.* (2001) afirmam que a compostagem aeróbia de resíduos orgânicos resulta em um composto orgânico rico em húmus e nutrientes minerais. Esse composto pode ser utilizado na agricultura para melhorar a qualidade do solo.

De acordo com Capaz e Horta Nogueira (2014), o húmus, que é o composto orgânico gerado através da compostagem aeróbia, pode ser utilizado como adubo orgânico para o solo, desde que o processo elimine os microrganismos patogênicos para garantir a segurança do produto final. Além disso, Monteiro *et al.* (2001) destacam que o húmus pode ser utilizado para corrigir a acidez do solo e recuperar áreas erodidas, ampliando assim suas aplicações na agricultura e na recuperação ambiental.

Segundo os dados apresentados pela Associação Brasileira de Empresas de Limpeza Pública e Resíduos Especiais (ABRELPE, 2020) e pelo Ministério do Meio Ambiente (MMA) em 2022, a matéria orgânica, que contempla sobras e perdas de alimentos, resíduos verdes e madeiras, representa 45,3% dos RSU gerados em todo o país, conforme pode ser observado no Gráfico 1.

Gráfico 1 - Estimativa da Composição Gravimétrica média dos RSU coletados no Brasil.



Fonte: adaptada de ABRELPE, 2020.

Barros (2012) destaca que a adoção de métodos de gestão de resíduos sólidos que reduzem a quantidade de matéria orgânica é altamente benéfica. Primeiramente, essa prática diminui a necessidade de disposição adequada de resíduos orgânicos, o que é crucial para minimizar os impactos ambientais. No Brasil, onde a matéria orgânica representa mais de 45% dos resíduos domiciliares, essa abordagem é especialmente relevante. Além disso, o uso de resíduos orgânicos como insumos para solos urbanos, tanto públicos quanto privados, fornece nutrientes essenciais que favorecem o crescimento e a preservação da vegetação. Cidades com programas de arborização urbana e manutenção de áreas verdes, como parques e jardins, podem se beneficiar significativamente desses insumos, promovendo um ambiente mais sustentável.

### 3.6 Coprocessamento

Segundo Anastácio (2003, apud SILVEIRA; BERTÉ; PELANDA, 2018), o coprocessamento consiste na decomposição de resíduos através do calor intenso em fornos industriais, especialmente em fornos de cimento que operam a altas temperaturas. Esse processo visa utilizar o poder calorífico dos resíduos para a geração de energia ou como fontes de matéria-prima.

De acordo com o MMA (2022), o coprocessamento é uma forma de recuperação energética. O coprocessamento é uma tecnologia que se destaca na destinação final de resíduos sólidos urbanos, especialmente em fornos de produção de clínquer. Essa prática contribui significativamente para a preservação de recursos naturais ao substituir matérias-primas e

combustíveis fósseis por resíduos urbanos com características físico-químicas compatíveis. Essa tecnologia não apenas promove o reaproveitamento de resíduos, mas também integra a destinação final em uma única operação eficiente e ambientalmente adequada.

No estado de Minas Gerais, o Conselho Estadual de Política Ambiental (COPAM) define coprocessamento em sua Deliberação Normativa de n.º 154, de 25 de agosto de 2010, como a utilização de resíduos para substituição de matérias-primas e/ou aproveitamento energético em fornos de clínquer.

A Confederação Nacional da Indústria (CNI), afirma que coprocessamento é eliminação definitiva de resíduos pela sua integração na produção de cimento como matéria-prima secundária ou combustível alternativo. É uma técnica de destinação de resíduos, de forma definitiva, sem gerar passivos ambientais aproveitando o potencial energético e/ou mineral do material (CNI, 2019.).

A Resolução n.º 499, de 6 de outubro de 2020, do Conselho Nacional do Meio Ambiente (CONAMA), estabelece diretrizes específicas para o coprocessamento de resíduos sólidos urbanos em fornos de produção de clínquer. De acordo com a resolução, é permitido o uso de resíduos ou misturas de resíduos como substitutos de matérias-primas e/ou combustíveis, desde que as condições do processo atendam às exigências técnicas e parâmetros estabelecidos, comprovados por meio dos resultados práticos do Plano do Teste de Queima (CONAMA, 2020).

Os resíduos podem ser utilizados como substitutos de matérias-primas, desde que apresentem características similares aos componentes normalmente empregados na produção de clínquer, incluindo materiais mineralizadores e fundentes. Além disso, os resíduos podem substituir combustíveis, desde que o ganho energético seja comprovado (CONAMA, 2020).

A resolução também permite o coprocessamento de resíduos que não substituem diretamente matérias-primas ou combustíveis, desde que promovam ganhos ambientais e sejam autorizados pelo órgão ambiental competente. Esses ganhos ambientais são caracterizados por eventos como a redução de emissões de substâncias poluentes e gases de efeito estufa, a eliminação ou redução da necessidade de disposição final de resíduos, a despoluição de áreas ou cursos hídricos, e a utilização do coprocessamento como uma tecnologia ambientalmente mais adequada e segura para a destinação final dos resíduos (CONAMA, 2020).

De acordo com a Associação Brasileira de Cimento Portland (ABCP, 2022), em 2021, o país atingiu um patamar significativo de 2.408 milhões de toneladas de resíduos coprocessados. Desse total, 2.212 milhões de toneladas foram de combustíveis alternativos e biomassas, enquanto 196 mil toneladas corresponderam a matérias-primas alternativas.

Desde 1999, os fornos de cimento no Brasil já coprocessaram um total de 22.778 milhões de toneladas de resíduos. Em 2021, a prática de coprocessamento evitou a emissão de 2.281.307 toneladas de CO<sub>2</sub>.

### 3.7 Reciclagem

Barros (2012) observa que os resíduos sólidos urbanos são compostos por uma ampla variedade de materiais resultantes das atividades diárias da população, da produção de bens de consumo e do descarte de materiais. No entanto, uma significativa parcela desses resíduos pode ser tratada, o que evita a ocupação de espaço em aterros sanitários e contribui para a redução do consumo de recursos naturais e energia.

Monteiro *et al.* (2001) destacam que a reciclagem envolve a separação de materiais presentes no lixo domiciliar, como papéis, plásticos, vidros e metais, com o propósito de reintroduzi-los na cadeia produtiva industrial. Esse processo permite que os materiais sejam transformados novamente em produtos comercializáveis. Entre as principais vantagens da reciclagem, estão a preservação dos recursos naturais, a economia de energia e de transporte, a geração de emprego e renda, além de promover a conscientização ambiental da população.

Para que a reciclagem seja eficiente, é fundamental que os resíduos recicláveis sejam separados na fonte, ou seja, nas residências, descartando-se apenas o material orgânico no lixo comum. Quando os materiais recicláveis são misturados ao lixo comum, eles acabam contaminados, o que complica o processo de beneficiamento. Em usinas de reciclagem, a separação pode ser feita por métodos manuais e eletromecânicos, mas a eficiência desse processo é relativamente baixa, variando entre 3% e 6% em peso, dependendo da tecnologia utilizada. Além disso, os materiais separados geralmente estão sujos e contaminados com terra, gordura e outros resíduos, o que torna o beneficiamento industrial mais caro e complexo.

Conforme a lei que institui a PNRS, reciclagem é:

processo de transformação dos resíduos sólidos que envolve a alteração de suas propriedades físicas, físico-químicas ou biológicas, com vistas à transformação em insumos ou novos produtos, observadas as condições e os padrões estabelecidos pelos órgãos competentes do Sisnama e, se couber, do SNVS e do Suasa.

Dados da ABRELPE (2020) indicam que, em 2019, os resíduos recicláveis no Brasil representaram 35% do total de resíduos gerados no país. Esses resíduos são compostos principalmente por plásticos (16,8%), papel e papelão (10,4%), vidros (2,7%), metais (2,3%) e embalagens multicamadas (1,4%), conforme pode ser observado no Gráfico 1.

### 3.8 Logística reversa

De acordo com a Lei n.º 12.305/2010, a logística reversa tem a seguinte definição:

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

Conforme o artigo 33 da PNRS, é responsabilidade dos fabricantes, importadores, distribuidores e comerciantes de:

I - agrotóxicos, seus resíduos e embalagens, assim como outros produtos cuja embalagem, após o uso, constitua resíduo perigoso, observadas as regras de gerenciamento de resíduos perigosos previstas em lei ou regulamento, em normas estabelecidas pelos órgãos do Sisnama, do SNVS e do Suasa, ou em normas técnicas;  
 II - pilhas e baterias;  
 III - pneus;  
 IV - óleos lubrificantes, seus resíduos e embalagens;  
 V - lâmpadas fluorescentes, de vapor de sódio e mercúrio e de luz mista;  
 VI - produtos eletroeletrônicos e seus componentes;

criar e implementar sistemas de logística reversa. Esses sistemas devem garantir o retorno dos produtos após o uso pelo consumidor, independentemente dos serviços públicos de limpeza urbana e gestão de resíduos sólidos. (BRASIL, 2010.)

### 3.9 Estudo gravimétrico

De acordo com a Fundação Estadual do Meio Ambiente (FEAM, 2016), o estudo gravimétrico dos resíduos sólidos urbanos de um município é essencial para compreender as principais características e composições dos resíduos gerados. Esse estudo abrange a análise da composição gravimétrica, a geração per capita e o peso específico dos resíduos, permitindo identificar a porcentagem de diferentes materiais presentes, como papel, papelão, madeira, trapo, couro, plásticos, matéria orgânica, metal, vidro e borracha.

Os resultados dessa análise são fundamentais para avaliar as possibilidades de redução na geração de resíduos, o reaproveitamento de componentes recicláveis, a valorização energética e orgânica, além de auxiliar na implantação de coleta diferenciada e na escolha das melhores alternativas para a destinação final de cada tipo de resíduo.

#### 3.9.1 Composição gravimétrica

A composição gravimétrica traduz o percentual de cada componente em relação ao peso total da amostra de lixo analisada. (MONTEIRO *et al.*, 2001)

De acordo com a FEAM (2016), a composição gravimétrica é a análise qualitativa dos resíduos sólidos urbanos e revela sua composição em diversas categorias, permitindo avaliar sua adequação para compostagem, reciclagem, coleta centralizada para logística reversa, coprocessamento e disposição final ambientalmente adequada.

### 3.9.2 Geração per capita

A geração per capita relaciona a quantidade de resíduos urbanos gerada diariamente com o número de habitantes de determinada região. (MONTEIRO *et al.*, 2001)

$$\text{Geração per capita} = \frac{\text{peso total de resíduos de um dia (kg/dia)}}{\text{n.º de habitantes (hab.)}} \quad \text{Equação 1}$$

### 3.9.3 Peso específico

O peso específico aparente é definido como o peso do lixo solto em relação ao volume que ele ocupa livremente, sem qualquer compactação, e é expresso em kg/m<sup>3</sup> (Monteiro *et al.*, 2001). Este parâmetro é crucial para a caracterização dos resíduos sólidos, pois reflete a densidade deles.

De acordo com a FEAM (2019), o peso específico dos resíduos é determinado pela relação entre o peso e o volume do recipiente que acondiciona a amostra, conforme ilustrado na Equação 2. Este parâmetro quantitativo pode variar significativamente dependendo da composição dos resíduos.

$$\text{Peso específico} = \frac{\text{peso líquido do lixo (kg)}}{\text{volume da amostra (m}^3\text{)}} \quad \text{Equação 2}$$

## 3.10 Quarteamento

De acordo com a NBR 10007/2004, o quarteamento consiste em:

Processo de divisão em quatro partes iguais de uma amostra pré-homogeneizada, sendo tomadas duas partes opostas entre si para constituir uma nova amostra e descartadas as partes restantes. As partes não descartadas são misturadas totalmente e o processo de quarteamento é repetido até que se obtenha o volume desejado. (ABNT, 2004, p.1).

## 3.11 Panorama de resíduos sólidos no Brasil

Segundo a ABRELPE (2020), entre o ano de 2010 e 2019 houve um aumento considerável de 67 milhões para 79 milhões de toneladas de resíduos por ano,

consequentemente aumentando a geração per capita de 348 kg/habitante/ano para 379 kg/habitante/ano.

De acordo com a ABREMA (2023), estima-se que cada habitante do Brasil tenha gerado em média de 1,4 kg de RSU por dia durante o ano de 2022, correspondendo assim aproximadamente a 77,1 milhões de toneladas de RSU durante o ano de 2022, o que corresponde a mais de 211 mil toneladas de resíduos geradas por dia no Brasil, ou seja, cerca de 380 kg/habitante/ano, levando em consideração o censo populacional realizado pelo Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE) em 2022, que é de 203.080.756 pessoas no Brasil.

A distribuição da geração de RSU por região no de 2022 foi de acordo com os dados demonstrados na Tabela 1.

Tabela 1 - Participação regional na geração de RSU em 2022

Região	Toneladas	Porcentagem
Norte	5.600.646	7,3%
Nordeste	18.952.693	24,6%
Centro-Oeste	5.927.824	7,7%
Sudeste	38.093.464	49,4%
Sul	8.501.801	11,00%
Total	77.076.428	100%

Fonte: adaptada de ABREMA, 2023.

### 3.12 Panorama de resíduos sólidos no mundo

De acordo com Figueira (2016), as regiões que são mais prósperas economicamente possuem uma tendência a produzir mais resíduos, podendo ultrapassar até 2,5 quilos diários de resíduos por habitante, como é o caso dos Estados Unidos da América. Quanto mais próspera e populosa uma região, maior é o seu poder aquisitivo e consequentemente maior a sua capacidade de geração de resíduos.

Para Kaza *et al.* (2018), a geração de resíduos é uma consequência natural do processo de urbanização, do desenvolvimento econômico e do crescimento da população. Em 2016 a geração global de RSU foi estimada em 2.01 bilhões de toneladas.

A distribuição regional de geração de RSU está diretamente correlacionada com o nível de renda dos países. De acordo com Kaza *et al.* (2018) os países de alta renda apresentam as maiores taxas de geração per capita, com uma média de 1,57 kg/habitante/dia, já os países de baixa renda geram em média 0,43 kg/habitante/dia. Em grande parte, essa disparidade se deve aos padrões de consumo com os países mais ricos.

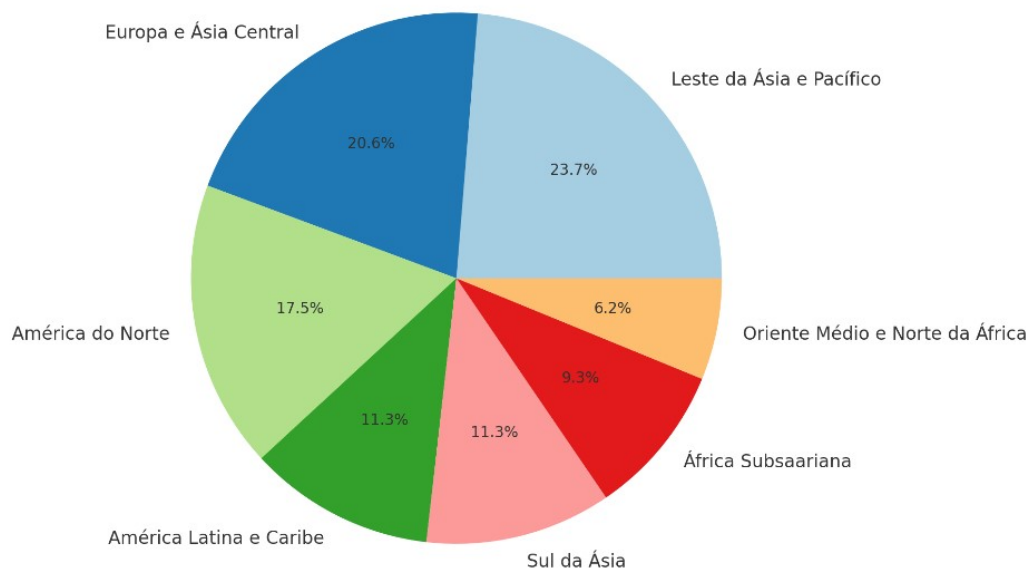
Conforme pode ser observado no Gráfico 2, a região do Leste Asiático e Pacífico é a maior geradora de resíduos sólidos, responsável por aproximadamente 23% do total mundial, o que equivale a 468 milhões de toneladas. Em contraste, a região do Oriente Médio e Norte da

África gera a menor quantidade, com 129 milhões de toneladas, representando 6% do total global. Outras regiões, como a Europa e Ásia Central, América Latina e Caribe, e América do Norte, também contribuem significativamente para a geração global de resíduos, com percentuais de 20%, 11% e 14%, respectivamente.

Segundo Kaza *et al.* (2018), em 2016, a geração de resíduos foi distribuída da seguinte forma: Leste da Ásia e Pacífico gerou 468 milhões de toneladas, Europa e Ásia Central 392 milhões, América do Norte 289 milhões, América Latina e Caribe 231 milhões, Sul da Ásia 334 milhões, África Subsaariana 174 milhões, e Oriente Médio e Norte da África 129 milhões, conforme pode ser observado no gráfico 3.

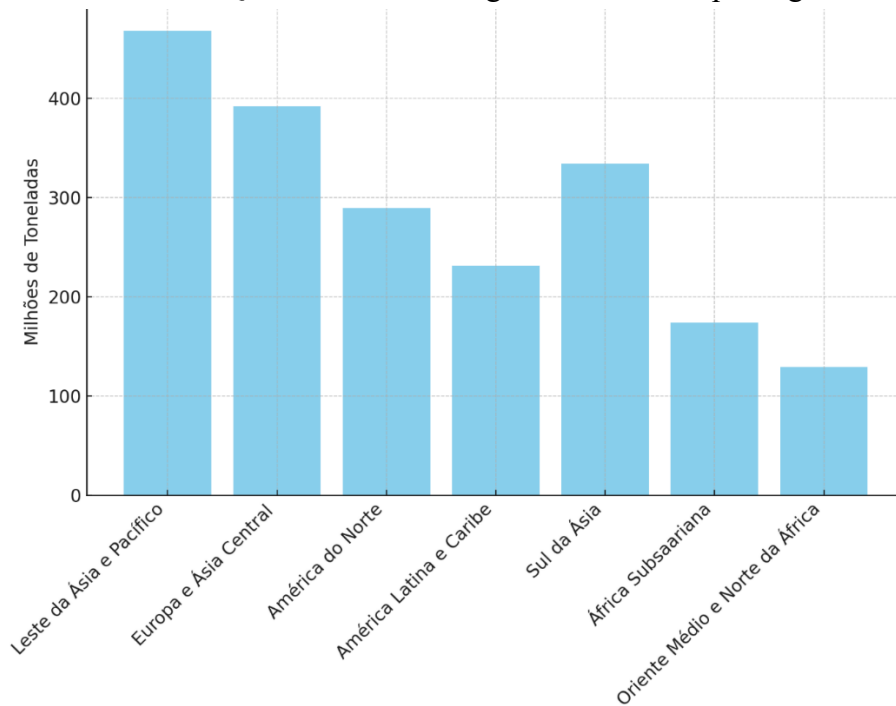
De acordo com o gráfico 4, a projeção da geração de resíduos globais indica um aumento significativo, passando de 2.01 bilhões de toneladas em 2016 para 2.59 bilhões de toneladas em 2030, e alcançando 3.40 bilhões de toneladas em 2050.

Gráfico 2 - Distribuição de Resíduos em 2016 por Região



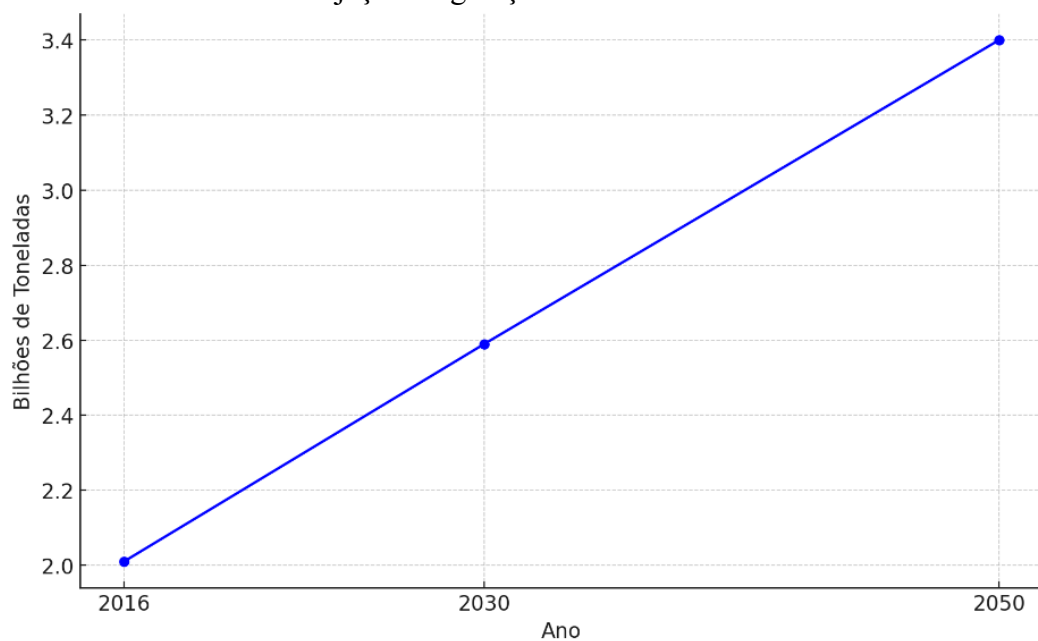
Fonte: adaptada de Kaza *et al.* 2018.

Gráfico 3 - Quantidade de RSU gerados em 2016 por região



Fonte: adaptada de Kaza *et al.* 2018.

Gráfico 4 - Projeção de geração de RSU no mundo até 2050



Fonte: adaptada de Kaza *et al.* 2018.

### 3.13 Panorama de resíduos sólidos em Minas Gerais

De acordo com o IBGE (2022), Minas Gerais conta com 853 municípios, uma área territorial de 586.513,983 quilômetros quadrados, população de 20.539.989 pessoas, densidade

demográfica de 35,02 habitantes por quilômetro quadrado e índice de desenvolvimento humano (IDH) de 0,774.

Conforme os dados publicados pelo SINIR, em 2019, houve 624 municípios de Minas Gerais declarantes no SNIS em relação à quantidade de RSU coletado.

Segundo os dados publicados, efetuou-se a coleta de uma massa total de 4.908.263,20 toneladas de resíduos sólidos no ano de 2019, gerando assim uma média de geração per capita de 0,82 kg/habitante/dia

### 3.14 Panorama de resíduos sólidos durante a pandemia da COVID-19

O ano de 2020 foi atípico em vários sentidos devido aos efeitos e consequências da pandemia de COVID-19, causada pelo vírus SARS-CoV-2, cujos impactos transcenderam os aspectos biomédicos e epidemiológicos, refletindo também em escala global nos âmbitos social, econômico, político e cultural (FIOCRUZ, 2020)

De acordo com a ABRELPE (2021), as consequências da pandemia de COVID-19 afetaram diretamente o setor de gestão de resíduos, pois as medidas de isolamento e distanciamento social, trabalho remoto, restrições no setor comercial e alimentício trouxeram um novo paradigma para a geração de resíduos sólidos.

Os dados apurados pela ABRELPE em 2021 mostram que a geração de resíduos sólidos no país sofreu influência direta da pandemia durante o ano de 2020. Cada habitante gerou em média 1,07 kg de resíduos por dia. Um fator que pode ter contribuído para o aumento da geração per capita de resíduos é a substituição dos restaurantes por delivery e os demais descartes diários que passaram a acontecer.

A geração de RSU no Brasil em 2020 foi de 82.477.300 toneladas/ano, resultando na geração de 390 kg/habitante/ano. A participação das regiões do país na geração de RSU pode ser analisada com os dados fornecidos na Tabela 2.

Tabela 2 - Participação das regiões na geração de RSU em 2020

Região	Porcentagem
Norte	7,4%
Nordeste	24,7%
Centro-Oeste	7,5%
Sudeste	49,7%
Sul	10,8%
Total	100%

Fonte: adaptada de ABRELPE, 2021.

## 4 MATERIAIS E MÉTODO

### 4.1 Área de Estudo

São Roque de Minas é uma cidade localizada na Mesorregião Oeste de Minas, no estado de Minas Gerais, aproximadamente a 320 quilômetros de Belo Horizonte, a capital do estado.

De acordo com o censo realizado em 2022 pelo IBGE, São Roque de Minas possui 7.129 habitantes, com uma densidade demográfica de 3,40 habitantes por quilômetro quadrado.

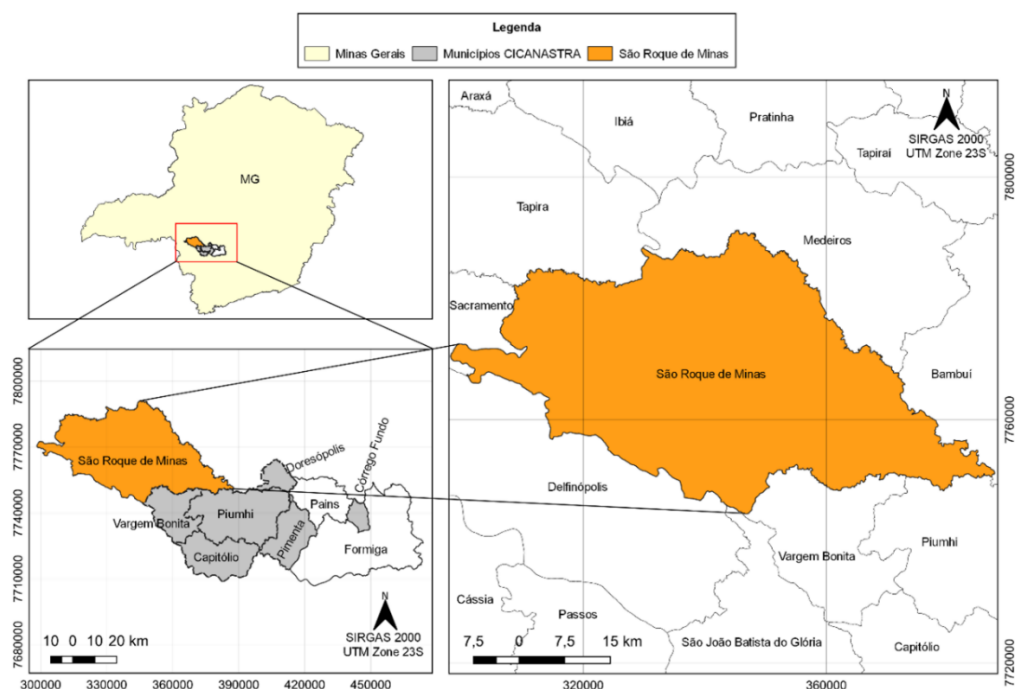
Segundo dados do IBGE (2021), o Produto Interno Bruto (PIB) de São Roque de Minas é de R\$ 323.185.260,00 (trezentos e vinte e três milhões, cento e oitenta e cinco mil, duzentos e sessenta reais), sendo a agropecuária a principal atividade econômica. Em seguida, destacam-se os setores de serviços, administração pública e indústria, conforme os dados fornecidos na Tabela 3.

Tabela 3 - Setores de atividade econômica de São Roque de Minas

Agropecuária	50,5%
Serviços	28,6%
Administração pública	12,7%
Indústria	8,2%

Fonte: adaptada de IBGE, 2021.

Figura 1 - Localização da área de estudo



Fonte: do próprio autor, 2021

A coleta dos resíduos sólidos no município ocorre cinco dias na semana, de segunda a sexta-feira, sendo destinados ao lixão em São Roque de Minas-MG. Até o momento deste estudo, não havia sido implantada a coleta seletiva no município.

A coleta convencional é realizada de porta a porta em todo o município por um único caminhão basculante, como pode ser observado na Figura 2.

Figura 2 - Veículo da coleta convencional



Fonte: do próprio autor, 2021.

## 4.2 Materiais

Para a execução deste estudo, foram utilizados os materiais conforme a orientação da cartilha da FEAM (2019).

Foram utilizadas pás e enxadas para a homogeneização dos resíduos, uma balança para aferição da massa das amostras coletadas, e tambores de metal de 200 litros, com peso conhecido, para acondicionar e pesar o material coletado antes da triagem dos resíduos. Utilizou-se lona para despejar o material a ser triado.

Além disso, foram utilizados sacos plásticos para acondicionamento dos resíduos que foram separados por categorias após a triagem. Também foram utilizadas planilhas de anotações para registrar os dados coletados durante o estudo. Equipamentos de proteção individual (EPI), incluindo luvas, máscaras, botas e aventais que foram usados para garantir a segurança dos envolvidos na coleta e na triagem dos resíduos.

Por fim, foi utilizada uma retroescavadeira para auxiliar no processo de quarteamento.

Figura 3 - Tambores, lona e sacos plásticos



Fonte: do próprio autor, 2021.

Figura 4 - Enxada para homogeneização



Fonte: do próprio autor, 2021.

### 4.3 Parceiros

O estudo gravimétrico dos RSU no município de São Roque de Minas, foi fruto de um Programa Institucional de Bolsas de Extensão (PIBEX) em parceria do Instituto Federal de Minas Gerais – *Campus* Avançado Piumhi com outras instituições.

#### 4.3.1 IFMG – *Campus* Avançado Piumhi

O Instituto Federal de Minas Gerais (IFMG) - *Campus* Avançado Piumhi tem desempenhado um papel fundamental na educação e no desenvolvimento profissional da região de Piumhi, Minas Gerais. Inaugurado oficialmente em 26 de junho de 2014, o campus começou a oferecer cursos técnicos e de nível superior, incluindo o Bacharelado em Engenharia Civil e o curso Técnico Subsequente em Edificações. Em 2019, o campus expandiu suas ofertas para incluir o curso Técnico em Edificações Integrado ao Ensino Médio.

A parceria com a Prefeitura Municipal de Piumhi e o apoio do empresário local Otacílio Gonçalves Tomé foram cruciais para a implementação e o sucesso do *campus*, refletindo o compromisso do IFMG com a formação cidadã e o desenvolvimento regional.

#### 4.3.2 Prefeitura Municipal de São Roque de Minas

A Prefeitura Municipal de São Roque de Minas reconhece a importância do estudo gravimétrico dos resíduos sólidos para a gestão ambiental do município. Demonstrando um compromisso exemplar com a sustentabilidade, a administração municipal forneceu suporte essencial para a realização deste estudo, disponibilizando a equipe e os materiais necessários para seu desenvolvimento.

A Secretaria de Meio Ambiente desempenhou um papel crucial ao disponibilizar uma equipe qualificada e todos os materiais necessários para a execução das atividades de campo. O suporte contínuo da secretaria foi fundamental para a coleta de dados precisos e a análise detalhada dos resíduos sólidos gerados no município.

A parceria estabelecida entre a administração municipal, a Secretaria de Meio Ambiente e a equipe de pesquisa exemplifica a importância da colaboração interinstitucional para a promoção da sustentabilidade. A experiência e o comprometimento da prefeitura e da secretaria proporcionaram uma base sólida para a realização de um estudo abrangente e eficaz.

### 4.3.3 CICANASTRA

O Consórcio Intermunicipal da Serra da Canastra, Alto São Francisco e Médio Rio Grande (CICANASTRA) foi criado para melhorar a gestão dos resíduos sólidos urbanos nos municípios de Capitólio, Córrego Fundo, Doresópolis, Piumhi, Pimenta, São Roque de Minas e Vargem Bonita, conforme a Lei Federal nº 11.107/2005 e o Decreto Federal nº 6.017/2007. A gestão de resíduos sólidos nos municípios do CICANASTRA, até o momento deste estudo, tem se baseado em dados secundários obtidos pelo Sistema Nacional de Informações sobre Saneamento (SNIS), que frequentemente não refletem com precisão a geração, tipologia dos resíduos e a logística de coleta e disposição final específica de cada município.

Diante disso, a importância do CICANASTRA neste projeto de estudo gravimétrico em São Roque de Minas é fundamental. Este estudo visa fornecer dados mais confiáveis e específicos sobre os resíduos sólidos urbanos gerados na cidade, uma vez que os dados do SNIS não capturam detalhadamente essas características. A coleta de informações precisas e detalhadas em São Roque de Minas subsidia o consórcio com dados essenciais para desenvolver estratégias de gestão e gerenciamento de resíduos sólidos mais eficazes e adaptadas à realidade local de cada município integrante do CICANASTRA.

### 4.3.4 Grupo Gaia

O Grupo GAIA, composto pelo GAIA Social (uma organização da sociedade civil de direito privado, sem fins lucrativos) e pelo GAIA Negócios Sociais (uma empresa social), tem desempenhado um papel fundamental na articulação de pessoas e instituições para promover a responsabilidade compartilhada na busca por soluções para as demandas socioambientais contemporâneas. Com uma trajetória de 29 anos, o Grupo GAIA tem se dedicado a atividades de desenvolvimento local em diversas regiões do Brasil, trabalhando com diferentes comunidades para fomentar o desenvolvimento institucional, o empreendedorismo e a geração de renda.

Desde 2010, o Grupo GAIA tem executado projetos alinhados à PNRS, abordando temas como consumo sustentável, coleta seletiva, reciclagem, logística reversa, inclusão social de catadores, desenvolvimento pessoal dos agentes ambientais, e apoio na gestão de cooperativas de materiais recicláveis. Além disso, o grupo tem promovido campanhas para a implantação de Pontos de Entrega Voluntária (PEV) e a comercialização em rede. A organização compreende que o gerenciamento de resíduos é uma questão complexa que requer ações integradas de diversos stakeholders para ser eficaz.

Em 2015, o Grupo GAIA lançou o Programa VIRASER – Responsabilidade Compartilhada no Gerenciamento de Resíduos. Este programa tem como objetivo promover a implementação da PNRS (Lei 12.305/2010), com um foco especial na cadeia produtiva da reciclagem. A metodologia do VIRASER visa a inclusão socioeconômica dos catadores de materiais recicláveis, o cumprimento das exigências de logística reversa e a melhoria no gerenciamento dos resíduos sólidos urbanos.

A parceria com o Grupo GAIA no desenvolvimento do estudo gravimétrico dos resíduos sólidos é, portanto, de grande relevância. A experiência e a expertise do grupo em projetos relacionados à gestão de resíduos sólidos e à inclusão social de catadores proporcionam uma base sólida para a realização de um estudo abrangente e eficaz.

#### 4.4 Metodologia

A metodologia do estudo baseou-se na cartilha de orientações do Estudo Gravimétrico dos Resíduos Sólidos Urbanos da Fundação Estadual do Meio Ambiente (FEAM, 2019), em consonância com a NBR 10007:2004, que normatiza a amostragem de resíduos sólidos.

A Figura 5 apresenta o resumo e fluxo das etapas para um estudo gravimétrico de resíduos sólidos urbanos de acordo com a cartilha disponibilizada pela FEAM.

Figura 5 - Etapas para a caracterização dos RSU de São Roque Minas



## 4.5 Caracterização gravimétrica

### 4.5.1 Treinamento da equipe

A fase inicial do estudo gravimétrico começou com um treinamento realizado em 18 de agosto de 2021. Este treinamento envolveu a equipe fornecida pela prefeitura, que foi designada para ajudar nas atividades de coleta, amostragem, triagem e pesagem dos resíduos. Durante o treinamento, foram alinhados todos os procedimentos e técnicas essenciais para a caracterização gravimétrica.

Figura 6 - Treinamento da equipe



Fonte: do próprio autor, 2021.

### 4.5.2 Amostragem e quarteamento dos RSU

No município de São Roque de Minas, há apenas uma rota de coleta de resíduos. Em alguns dias, devido ao grande volume de resíduos, é necessário realizar até três viagens. Assim, não houve distinção entre bairros, o que permitiu representar todas as categorias socioeconômicas e os diferentes usos do território municipal. Este estudo não incluiu datas sazonais, ou seja, não houve eventos atípicos que pudessem influenciar os resultados.

Devido a condições climáticas adversas na terça-feira, 26 de outubro de 2021, o estudo não pôde ser realizado de forma contínua na mesma semana. A coleta e análise dos resíduos, inicialmente programadas para essa data, foram adiadas para o dia 9 de novembro de 2021. Essa alteração de data não impactou os resultados da composição gravimétrica dos

resíduos, uma vez que não houve eventos que alterassem a rotina da cidade, mantendo inalterados o peso, a quantidade e o teor de umidade das amostras. É importante destacar que a operação rotineira de coleta no município não precisou ser modificada, exceto pelo fato de que os resíduos não foram compactados, garantindo que a densidade deles permanecesse inalterada.

A amostragem foi realizada durante os dias em que havia coleta de RSU do município, conforme mostrado no Quadro 2.

Quadro 2 - Datas das coletas dos RSU para caracterização gravimétrica

Localidade	Data
Todo o município	25/10/2021
Todo o município	09/11/2021
Todo o município	27/10/2021
Todo o município	28/10/2021
Todo o município	29/10/2021

Fonte: elaborado pelo autor, 2021.

Após a coleta porta a porta dos resíduos, três quartos ( $\frac{3}{4}$ ) do volume do caminhão de coleta foram despejados sobre uma lona. Em seguida, os resíduos foram homogeneizados sobre a lona e, posteriormente, foi realizado o quarteamento.

Inicialmente, os resíduos despejados sobre a lona foram homogeneizados rompendo-se as sacolas com pás e enxadas, garantindo que a amostra resultante apresentasse aspectos semelhantes em todos os seus pontos. Em seguida, foi realizado o processo de quarteamento conforme as normas da ABNT NBR 10007/2004 e as orientações da cartilha da FEAM (Figura 7 e Figura 8).

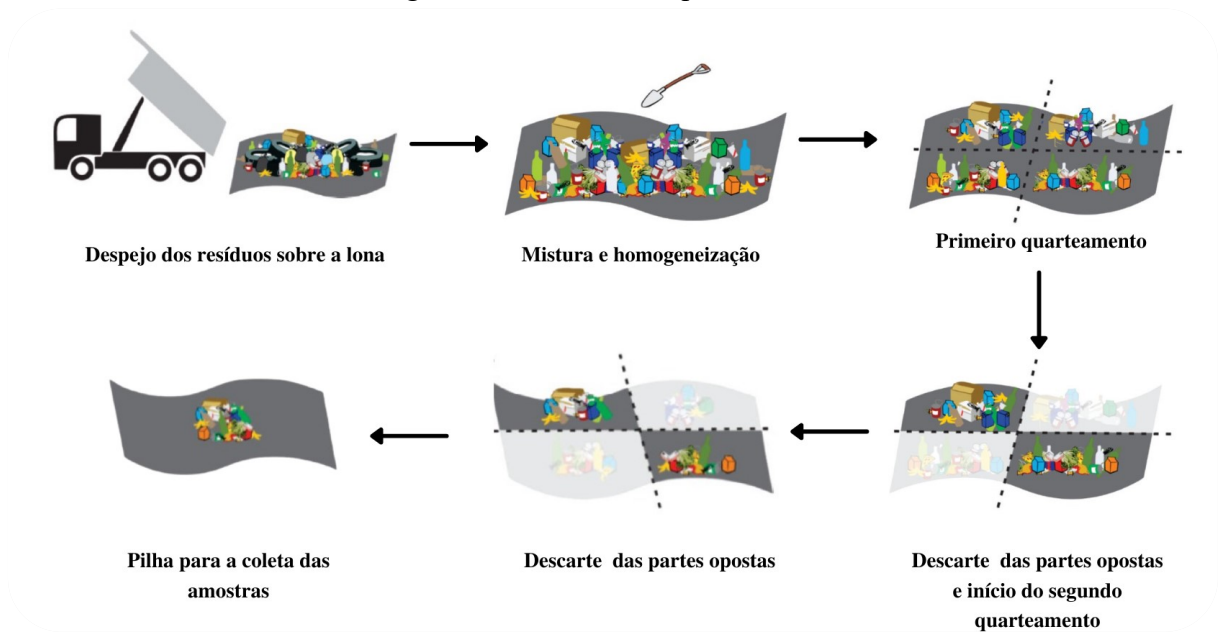
Para o quarteamento, a partir dos resíduos homogeneizados, traçaram-se duas linhas imaginárias, dividindo os resíduos em quatro montes aparentemente iguais. No primeiro quarteamento, duas dessas partes foram então separadas (vis-à-vis) e descartadas. As duas partes restantes foram homogeneizadas novamente e divididas em quatro partes para o segundo quarteamento. Nesse processo, repetiu-se o traçado de linhas imaginárias, e as partes opostas foram novamente descartadas.

Para facilitar o processo, utilizou-se uma retroescavadeira, sem interferir no procedimento normativo, até obter da pilha resultante um volume de 1 m<sup>3</sup> de resíduos para a análise gravimétrica, os quais foram acondicionados em cinco bombonas de 200 litros cada (Figura 9 e Figura 10). Adicionalmente, conforme a orientação da ABNT NBR 10007/2004, as

amostras foram retiradas de pelo menos três seções (do topo, do meio e da base) para garantir representatividade.

Ressalta-se que a equipe que realizou os procedimentos utilizou equipamentos de proteção individual adequados, como luvas, máscaras, botas e avental.

Figura 7 - Processo de quartejamento



Fonte: adaptado de FEAM, 2019.

Figura 8 - Despejo dos RSU de São Roque de Minas sobre a lona



Fonte: do próprio autor, 2021.

Figura 9 - Quarteamento realizado com o auxílio de uma retroescavadeira



Fonte: do próprio autor, 2021.

Figura 10 - Acondicionamento das amostras dos RSU para triagem



Fonte: do próprio autor, 2021

#### 4.5.3 Triagem dos RSU

A triagem dos resíduos sólidos urbanos (RSU) ocorreu no lixão, local onde é realizada a disposição final dos resíduos do município de São Roque de Minas, MG. Nesse local, foram executadas as etapas de triagem e pesagem das amostras.

Durante essa etapa, os resíduos foram separados de acordo com a orientação da FEAM, que propõe 15 categorias de RSU e sugere destinações e disposições potenciais, conforme mostrado no Quadro 3.

Quadro 3 - Categorias e exemplos de resíduos da composição gravimétrica

<b>Destinação/ disposição POTENCIAL</b>	<b>Categoria</b>	<b>Exemplos</b>
Compostagem	Resto de comida	Restos alimentares, cascas de legumes e frutas
	Poda	Flores, podas de árvores, grama
Reciclagem	Plástico	Sacos, sacolas, embalagens de refrigerantes, água e leite, recipientes de produtos de limpeza, esponjas, isopor, utensílios de cozinha, látex, sacos de rafia
	Papel e papelão	Caixas, revistas, jornais, cartões, papel, pratos, cadernos, livros, pastas, embalagens longa vida
	Vidro	Copos, garrafas de bebidas, pratos, espelho, embalagens de produtos de limpeza, embalagens de produtos de beleza, embalagens de produtos alimentícios
	Metal ferroso	Palha de aço, alfinetes, agulhas, embalagens de produtos alimentícios
	Metal não-ferroso	Latas de bebidas, restos de cobre, restos de chumbo, fiação elétrica
Coprocessoamento	Pedra, terra, louça e cerâmica	Vasos de flores, pratos, xícaras, restos de construção, terra, tijolos, cascalho, pedras decorativas
	Madeira	Caixas, tábuas, palitos de fósforo, palitos de picolé, tampas, móveis, lenha
	Couro e borracha	Bolsas de couro, mochilas, sapatos, tapetes, luvas látex, cintos, balões
	Têxtil	Aparas, roupas, panos de limpeza, pedaços de tecido, bolsas de pano
Logística reversa/ Aterro sanitário ou outra destinação/ disposição	Contaminante biológico	Papel higiênico, cotonetes, algodão, curativos, gases e panos com sangue, fraldas descartáveis, absorventes higiênicos, seringas, lâminas de barbear, cabelos, pelos, embalagens de anestésicos, luvas
	Contaminante químico	Pilhas, baterias, medicamentos, lâmpadas, inseticidas, raticida, colas em geral, cosméticos, vidros de esmaltes, embalagens de produtos químicos, latas de óleo de motor, latas com tintas, embalagens pressurizadas, canetas com carga, papel carbono, filme fotográfico
	Equipamento eletroeletrônico	Computadores, laptops, celulares, rádios, liquidificadores, mouses, teclados
	Diversos	Velas de cera, restos de sabão e sabonete, carvão, giz, pontas de cigarro, rolhas, cartões de crédito, lápis de cera, embalagens metalizadas, sacos de aspirador de pó, lixas e outros materiais de difícil identificação

Fonte: adaptado de FEAM, 2016.

As amostras coletadas foram dispostas sobre uma lona, onde o material foi separado manualmente de acordo com sua tipologia e colocado em sacos plásticos (Figura 11). Posteriormente, foi efetuada a pesagem dos resíduos (Figura 12) para obter a representatividade em peso (kg) de cada material em relação à amostra.

À medida que o material era pesado, o peso de cada tipologia era registrado em uma planilha. A composição gravimétrica detalhada de cada dia de coleta, incluindo a categoria, o peso e o percentual de cada material, encontra-se no Apêndice A.

Figura 11 - Triagem dos RSU



Fonte: do próprio autor, 2021

Figura 12 - Pesagem por categoria

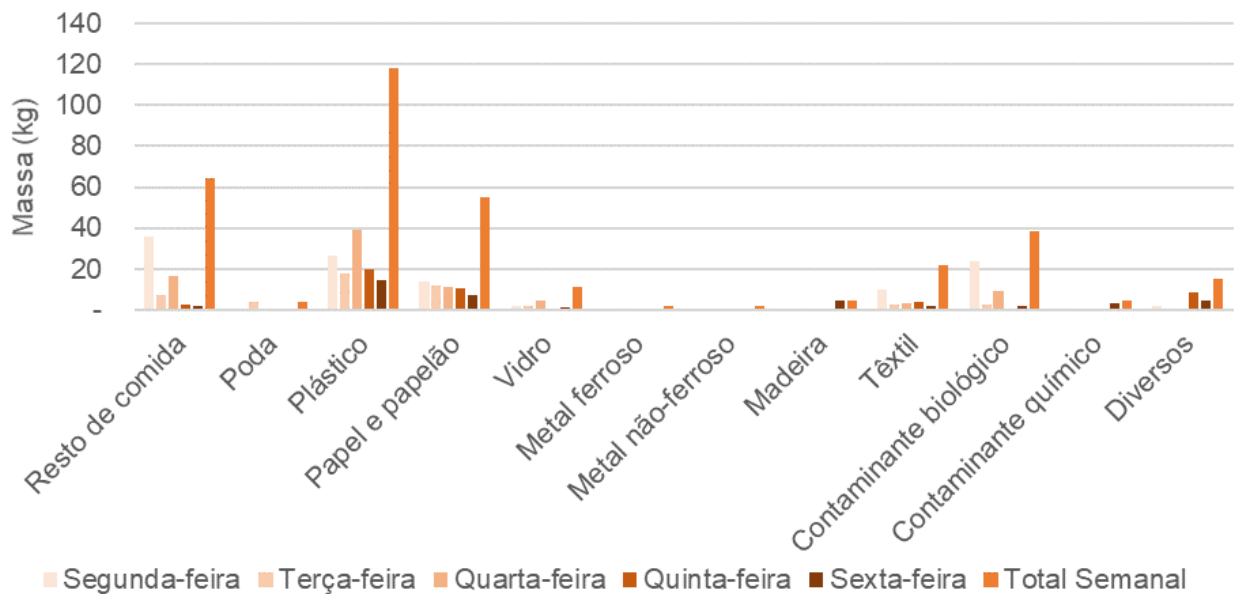


Fonte: do próprio autor, 2021

## 5 RESULTADOS

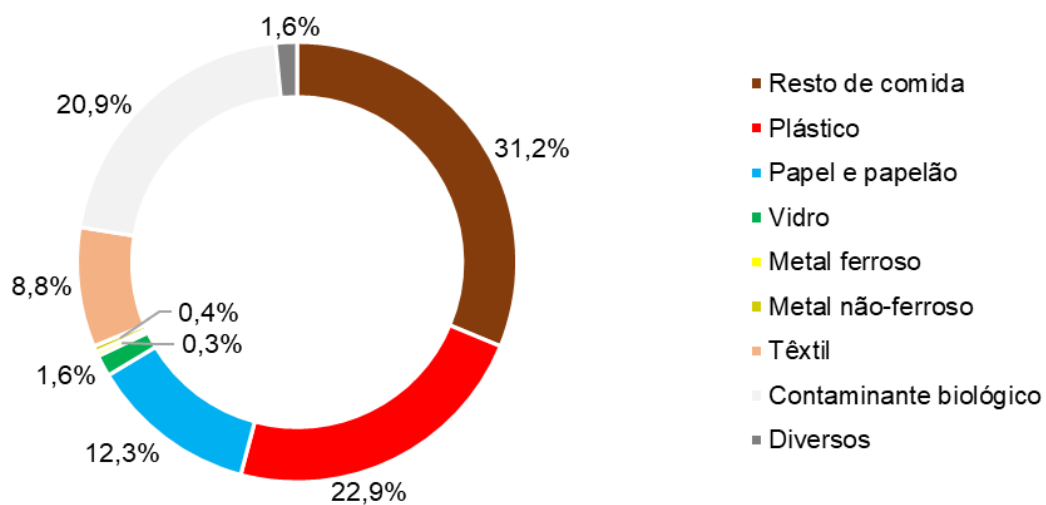
O Gráfico 5 ilustra a composição gravimétrica diária de cada amostra, bem como o total semanal, expressos em massa (kg). A análise dos dados revelou que os resíduos plásticos predominam em relação aos outros tipos de resíduos. As porcentagens diárias de plásticos variaram entre 23% e 46% durante os dias de coleta (conforme mostrado nos Gráficos 6, 7, 8, 9 e 10), culminando em uma média semanal de 34,6% (Gráfico 11).

Gráfico 5 - Gravimetria diária dos RSU



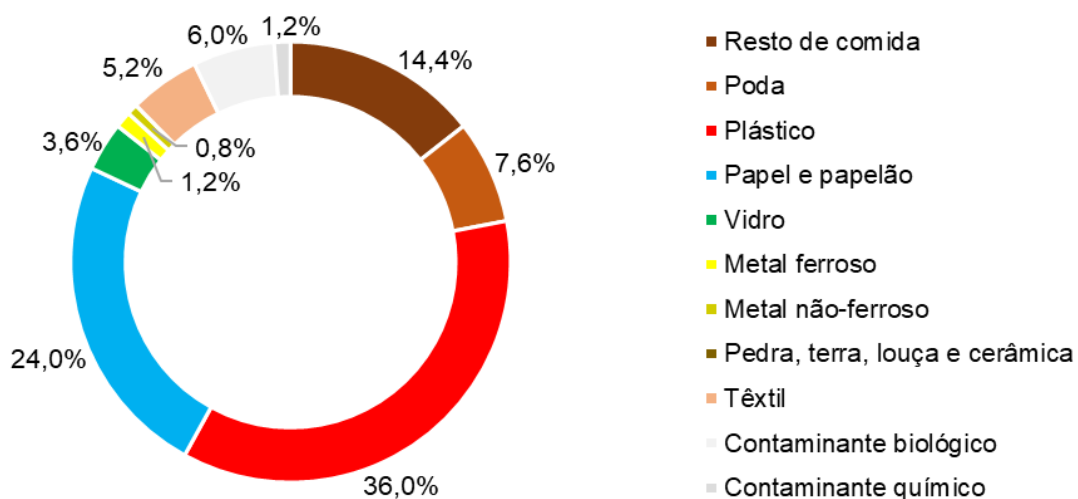
Fonte: elaborado pelo autor, 2021.

Gráfico 6 - Gravimetria dos RSU – Segunda-feira (25/10/2021)



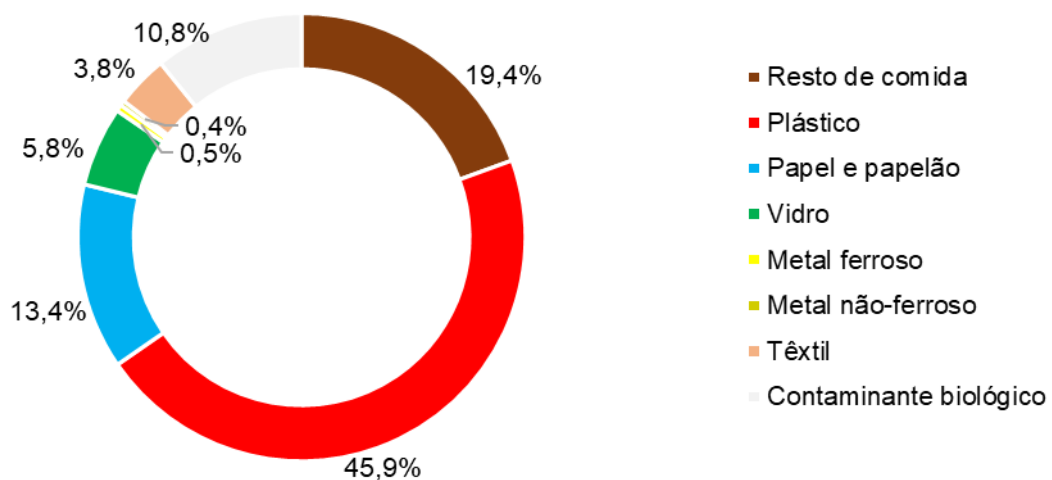
Fonte: elaborado pelo autor, 2021.

Gráfico 7 - Gravimetria dos RSU – Terça-feira (09/11/2021)



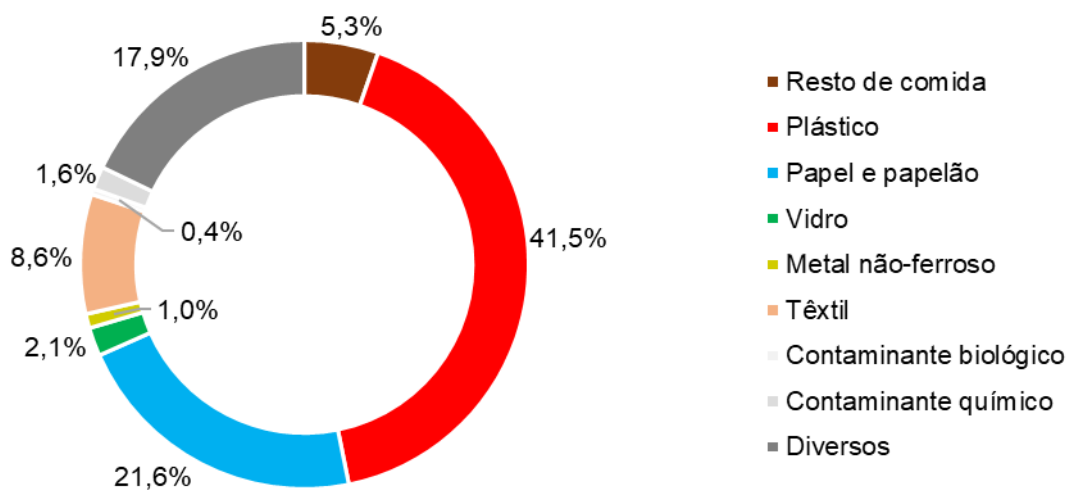
Fonte: elaborado pelo autor, 2021.

Gráfico 8 - Gravimetria dos RSU – Quarta-feira (27/10/2021)



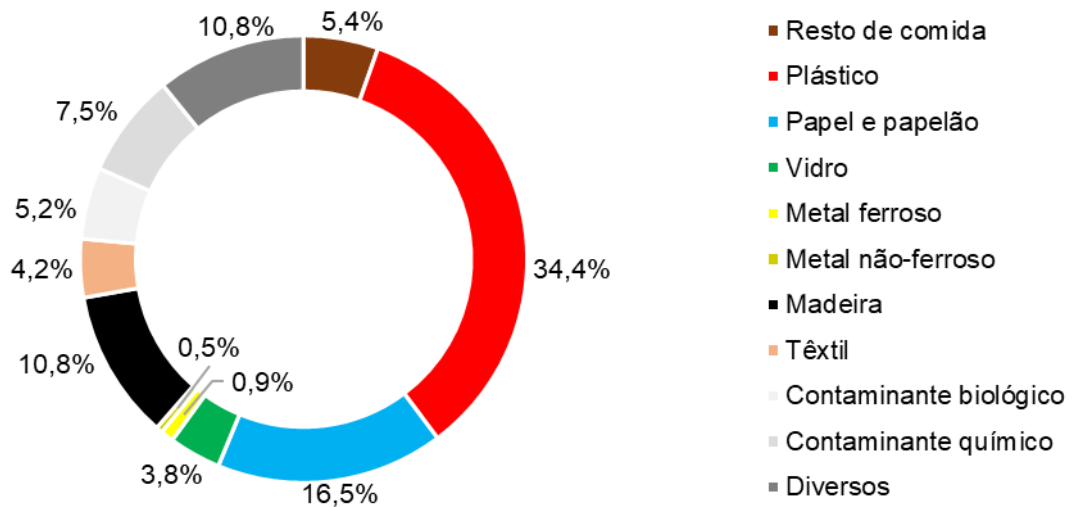
Fonte: elaborado pelo autor, 2021.

Gráfico 9 - Gravimetria dos RSU – Quinta-feira (28/10/2021)



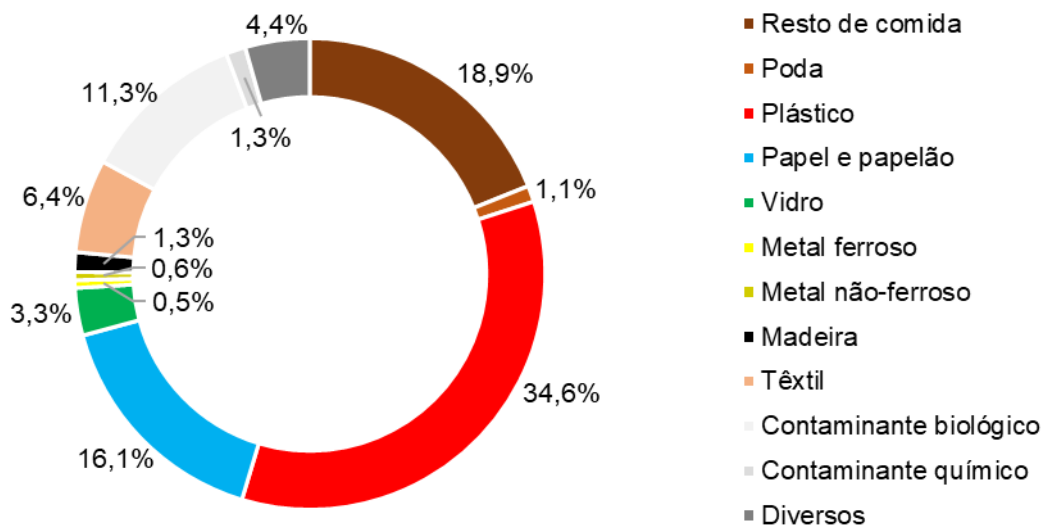
Fonte: elaborado pelo autor, 2021.

Gráfico 10 - Gravimetria dos RSU – Sexta-feira (29/10/2021)



Fonte: elaborado pelo autor, 2021.

Gráfico 11 - Gravimetria dos RSU – Semanal



Fonte: elaborado pelo autor, 2021.

Também se observou uma presença significativa dos resíduos classificados como papel e papelão e restos de comida, representando, na amostra semanal, 16,1% e 18,9%, respectivamente.

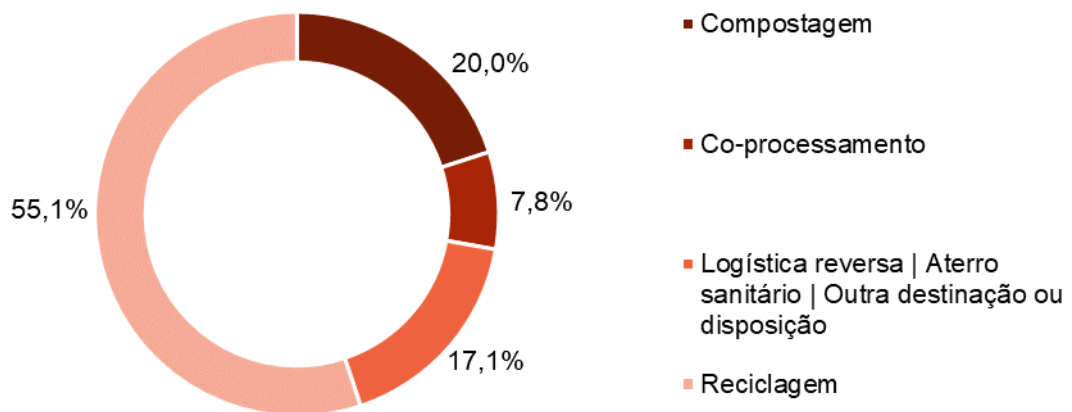
Conforme as orientações da FEAM (2019), existem quatro potenciais destinações possíveis para os resíduos: compostagem, reciclagem, coprocessamento e logística

reversa/aterro sanitário ou outra destinação/disposição. Dessa forma, conforme a amostra semanal, pôde-se observar que 20,0% dos resíduos possuem potencial para compostagem, notando-se grande presença de restos alimentares e cascas de legumes e frutas, como arroz, pães, massas, cebolas, cascas de ovos, laranjas e bananas. Além disso, 55,1% dos resíduos possuem potencial para reciclagem, onde houve majoritariamente a presença de garrafas de vidro e plásticas, embalagens tetra pack, papelão, sacolas e embalagens alimentícias e de produtos em geral.

No que diz respeito ao coprocessamento, 7,8% dos resíduos possuem potencial para essa prática, constatando-se predominantemente a presença de materiais têxteis, couro e borracha, como blusas, calças e sapatos. Por fim, 17,1% dos resíduos possuem potencial para logística reversa, aterro sanitário ou outra destinação/disposição, observando-se de forma preponderante a presença de contaminantes biológicos, como papéis higiênicos, absorventes higiênicos e fraldas descartáveis.

Os dados listados anteriormente também podem ser observados no Gráfico 12.

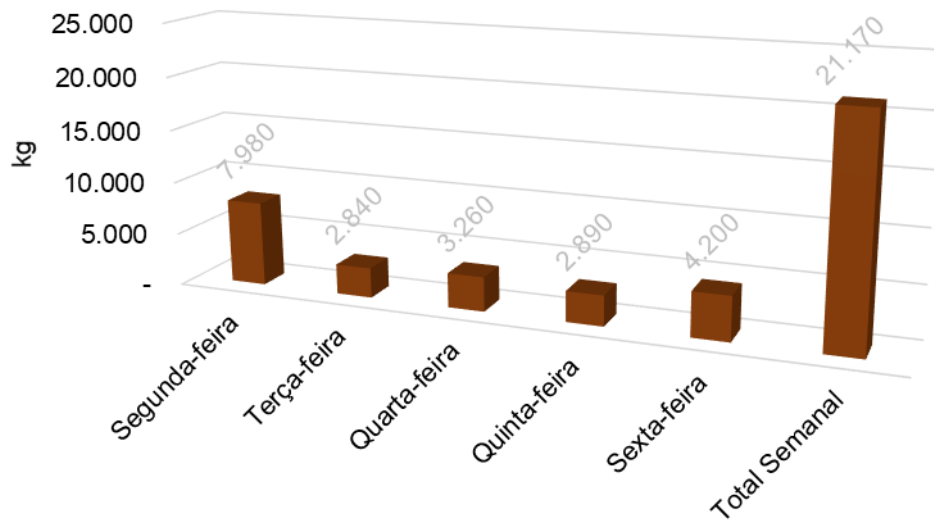
Gráfico 12 - Possíveis destinações



Fonte: elaborado pelo autor, 2021.

Conforme ilustrado no Gráfico 13, os pesos totais de resíduos coletados por dia foram: 7.980 kg na segunda-feira, 2.840 kg na terça-feira, 3.260 kg na quarta-feira, 2.890 kg na quinta-feira e 4.200 kg na sexta-feira, resultando em um total semanal de 21.170 kg. O peso específico médio dos resíduos no município de São Roque de Minas foi calculado em 68,92 kg/m<sup>3</sup>. É importante destacar que não houve ocorrência de chuvas durante o período de coleta, garantindo que a umidade dos resíduos não sofreu alterações significativas.

Gráfico 13 - Quantidade (em kg) de resíduos

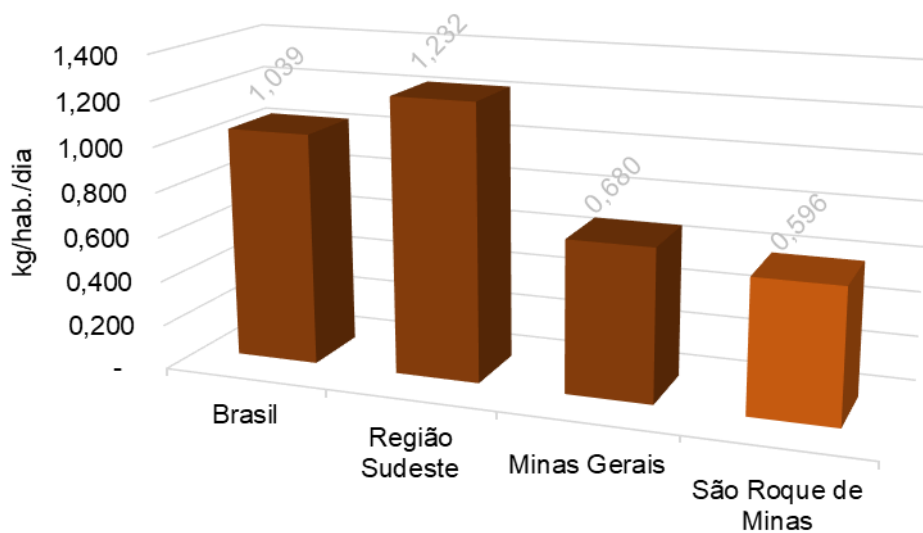


Fonte: elaborado pelo autor, 2021.

Segundo os dados do IBGE (2020), a população estimada para o município em questão é de 7.100 habitantes. Dessa forma, a partir da Equação 2, a geração per capita estimada foi de cerca de 0,596 kg/hab./dia.

Ao comparar os resultados de geração per capita apresentados no Gráfico 14, observou-se que os valores estão alinhados com os dados da FEAM (2019), que indicam uma geração per capita de 0,680 kg/hab./dia para o estado de Minas Gerais. No entanto, de acordo com a Associação Brasileira de Empresas de Limpeza Pública e Resíduos Especiais (ABRELPE, 2020), a geração per capita no Brasil em 2018 foi de 1,039 kg/hab./dia, enquanto para a região Sudeste foi de 1,232 kg/hab./dia. Esses dados sugerem que São Roque de Minas apresenta uma geração de resíduos per capita inferior à média nacional e regional.

Gráfico 14 - Geração per capita (kg/hab./dia)



Fonte: Elaborada pelo autor, 2021.

## 6 DISCUSSÃO

A análise dos dados obtidos a partir do estudo gravimétrico dos resíduos sólidos urbanos no município de São Roque de Minas revela importantes percepções sobre a gestão de resíduos na cidade. A composição gravimétrica dos RSU no município mostrou uma predominância de resíduos classificados como plásticos, seguidos por restos de comida, papel e papelão. As implicações para a gestão de resíduos sólidos são significativas. Primeiramente, a alta quantidade de resíduos orgânicos sugere a necessidade de implementação de programas de compostagem, que poderiam reduzir o volume de resíduos destinados aos aterros e promover a reciclagem de nutrientes para a agricultura local. Além disso, a presença considerável de materiais recicláveis, como plásticos, papel e papelão, aponta para a importância de fortalecer as iniciativas de coleta seletiva e reciclagem, que não só contribuiriam para a redução do volume de resíduos, mas também para a geração de empregos e renda na região.

No entanto, o estudo apresentou algumas limitações. A coleta de dados foi realizada em um período limitado, o que pode não refletir variações sazonais na geração de resíduos. Os resultados mostraram uma média de geração per capita de resíduos de 0,596 kg/hab./dia, inferior à média estadual de 0,680 kg/hab./dia (FEAM, 2019) e à média nacional de 1,039 kg/hab./dia (ABRELPE, 2020). Este dado indica uma menor geração de resíduos no município em comparação com outras regiões, o que pode ser atribuído a fatores socioeconômicos e culturais específicos da localidade.

A quantificação detalhada da composição gravimétrica dos RSU, que incluiu percentuais específicos para cada categoria de resíduo, é essencial para a implementação de um sistema de gestão de resíduos eficiente e adaptado às características locais. A precisão dos dados coletados fornece uma base sólida para a implementação de estratégias mais eficientes de coleta seletiva, reciclagem e disposição final dos RSU em São Roque de Minas. A inclusão de processos de tratamento adequados, a promoção da educação ambiental e a conscientização da população são medidas essenciais recomendadas por este estudo. Tais ações não apenas melhoram a gestão de resíduos, mas também contribuem para a sustentabilidade e a redução do impacto ambiental.

Este estudo contribui para vários Objetivos de Desenvolvimento Sustentável (ODS) estabelecidos pela Organização das Nações Unidas (ONU). A gestão adequada dos resíduos sólidos pode prevenir a contaminação de corpos d'água e melhorar a qualidade do saneamento, contribuindo para o ODS 6: Água potável e saneamento. A promoção de práticas de reciclagem e compostagem contribui para a sustentabilidade urbana, alinhando-se ao ODS 11: Cidades e

comunidades sustentáveis. Além disso, a redução de resíduos plásticos e outros poluentes ajuda a proteger os ecossistemas aquáticos, em conformidade com o ODS 14: Vida na água. Por fim, a colaboração entre instituições de ensino, governo e sociedade civil é fundamental para o sucesso das iniciativas de gestão de resíduos, promovendo o ODS 17: Parcerias e meios de implementação.

## **7 TRABALHOS FUTUROS**

O estudo gravimétrico dos resíduos sólidos urbanos do município de São Roque de Minas forneceu uma base sólida para a compreensão da composição e gestão dos resíduos na região. No entanto, há várias áreas que podem ser exploradas em pesquisas futuras para aprofundar e expandir os conhecimentos adquiridos. A seguir, são apresentadas algumas sugestões de trabalhos futuros.

### **7.1 Expansão Temporal e Sazonal**

Uma das limitações deste estudo foi a coleta de dados em um período específico. Pesquisas futuras podem se beneficiar de uma coleta de dados contínua ao longo de diferentes estações do ano e sob diversas condições climáticas. Isso permitirá uma compreensão mais abrangente das variações sazonais na geração de RSU e ajudará a planejar a logística de coleta e disposição final de maneira mais eficiente.

### **7.2 Comparação com Outros Municípios**

Realizar estudos comparativos com outros municípios da região ou de diferentes regiões do Brasil pode fornecer informações valiosas sobre as práticas de gestão de resíduos sólidos. Essas comparações podem revelar melhores práticas e estratégias que podem ser adaptadas e implementadas em São Roque de Minas, promovendo uma gestão mais eficiente e sustentável dos RSU.

### **7.3 Análise de Impacto Ambiental**

Futuras pesquisas podem focar na análise do impacto ambiental dos diferentes tipos de resíduos sólidos urbanos. Isso inclui a avaliação da pegada de carbono associada à disposição final dos resíduos, bem como os impactos na qualidade do solo e da água. Estudos de impacto ambiental podem fornecer dados importantes para a formulação de políticas públicas e a implementação de práticas mais sustentáveis.

### **7.4 Desenvolvimento de Tecnologias de Reciclagem e Compostagem**

Investigar e desenvolver novas tecnologias para a reciclagem e compostagem dos resíduos sólidos urbanos pode ser uma área promissora de pesquisa. Estudos podem explorar a viabilidade técnica e econômica de diferentes métodos de compostagem, bem como novas

tecnologias de reciclagem que possam ser implementadas no município. A inovação tecnológica pode desempenhar um papel crucial na melhoria da gestão de resíduos.

### **7.5 Educação e Sensibilização Ambiental**

A educação e a sensibilização da população são fundamentais para o sucesso de qualquer programa de gestão de resíduos sólidos. Pesquisas futuras podem avaliar a eficácia de diferentes estratégias de educação ambiental e campanhas de sensibilização. Estudos podem investigar como aumentar a participação da comunidade em programas de reciclagem e compostagem, bem como a adoção de práticas sustentáveis no dia a dia.

### **7.6 Parcerias e Colaborações**

Explorar parcerias e colaborações entre instituições de ensino, governo, setor privado e sociedade civil pode ser uma área frutífera para pesquisas futuras. Estudos podem investigar como essas parcerias podem ser formadas e mantidas para promover a gestão sustentável de resíduos sólidos. A colaboração entre diferentes atores pode levar ao desenvolvimento de soluções inovadoras e eficazes.

### **7.7 Avaliação Econômica**

A análise econômica da gestão de resíduos sólidos é uma área importante que pode ser explorada em trabalhos futuros. Pesquisas podem avaliar os custos e benefícios econômicos de diferentes estratégias de gestão de resíduos, incluindo reciclagem, compostagem e disposição em aterros sanitários. Estudos econômicos podem fornecer dados importantes para a tomada de decisões e a formulação de políticas públicas.

## 8 CONSIDERAÇÕES FINAIS

O presente estudo gravimétrico dos resíduos sólidos urbanos do município de São Roque de Minas proporcionou uma análise detalhada da composição e quantidade dos resíduos na região. A partir dos dados obtidos, foi possível identificar as principais categorias de resíduos e avaliar suas possíveis destinações ambientalmente adequadas, em vez de serem encaminhados para o lixão. As seguintes considerações finais destacam os principais achados e implicações do estudo, bem como sugestões para futuras ações e pesquisas.

A análise da composição dos RSU, permite uma compreensão aprofundada dos resíduos gerados e das necessidades de gestão específicas.

Os resultados destacam a importância de diferenciar entre "lixo" e "resíduo", promovendo a reutilização e a reciclagem de materiais que podem ser reaproveitados. A menor geração per capita de resíduos no município, em comparação com as médias estadual e nacional, indica uma base sólida para a implementação de políticas públicas focadas na sustentabilidade.

Este trabalho contribui significativamente para a literatura sobre gestão de resíduos ao fornecer dados específicos de um município de pequeno porte, oferecendo subsídios para futuras pesquisas e intervenções. A continuidade dos estudos e a expansão para outras localidades são recomendadas para aprofundar o conhecimento sobre a gestão de resíduos no Brasil e para desenvolver soluções adaptadas às realidades locais.

Em conclusão, o estudo reafirma a necessidade de um gerenciamento integrado e sustentável dos resíduos sólidos, envolvendo todos os setores da sociedade. A implementação de práticas mais sustentáveis pode transformar desafios em oportunidades, promovendo a saúde pública, a proteção ambiental e a eficiência econômica. O alinhamento às diretrizes da Política Nacional de Resíduos Sólidos e a adoção de tecnologias de tratamento adequadas são passos essenciais para a promoção de uma gestão de resíduos mais eficiente e sustentável em São Roque de Minas.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE EMPRESAS DE LIMPEZA PÚBLICA E RESÍDUOS ESPECIAIS. **Panorama dos resíduos sólidos no Brasil 2020**. São Paulo: ABRELPE, 2020. Disponível em: <https://www.abrema.org.br/panorama/>. Acesso em: 12 maio 2024.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE EMPRESAS DE LIMPEZA PÚBLICA E RESÍDUOS ESPECIAIS. **Panorama dos resíduos sólidos no Brasil 2021**. São Paulo: ABRELPE, 2021. Disponível em: <https://www.abrema.org.br/panorama/>. Acesso em: 17 maio 2024.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE RESÍDUOS E MEIO AMBIENTE. **Panorama dos resíduos sólidos no Brasil 2023**. São Paulo: ABREMA, 2023. Disponível em: <https://www.abrema.org.br/panorama/>. Acesso em: 19 maio 2024.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE CIMENTO PORTLAND. **Panorama do Coprocessamento no Brasil 2022: Ano Base 2021**. 2022. Disponível em: [https://coprocessamento.org.br/wp-content/uploads/2022/12/Panorama\\_Coprocessamento\\_2022\\_Ano\\_Base\\_2021.pdf](https://coprocessamento.org.br/wp-content/uploads/2022/12/Panorama_Coprocessamento_2022_Ano_Base_2021.pdf). Acesso em: 29 maio 2024.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 10.004**: Resíduos sólidos - Classificação. Rio de Janeiro, 2004.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 10.007**: Amostragem de resíduos sólidos. Rio de Janeiro, 2004.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 13.591**: Compostagem - Terminologia. Rio de Janeiro, 1996.
- BARROS, Raphael Tobias de Vasconcelos. **Elementos de Gestão de Resíduos Sólidos**. Belo Horizonte: Tessitura, 2012. 424 p. ISBN 978-85-99745-36-6
- BIDONE, Francisco Ricardo Andrade; POVINELLI, Jurandyr. **Conceitos Básicos de Resíduos Sólidos**. 1. ed. São Carlos - SP: EESC USP, 1999. 120 p. ISBN 85-85205-27-X.
- BRASIL. Lei Nº 12.305 de 02 de agosto de 2010. **Política Nacional de Resíduos Sólidos**, Brasília, 2010. Disponível em: [https://www.planalto.gov.br/ccivil\\_03/\\_ato2007-2010/2010/lei/112305.htm](https://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2007-2010/2010/lei/112305.htm). Acesso: 20 maio 2024.
- BRASIL. Ministério do Meio Ambiente. Conselho Nacional do Meio Ambiente (CONAMA). **Resolução nº 499, de 6 de outubro de 2020. Dispõe sobre o licenciamento da atividade de coprocessamento de resíduos em fornos rotativos de produção de clínquer**. Diário Oficial da União: seção 1, Brasília, DF, 7 out. 2020.
- CAPAZ, Rafael S.; HORTA NOGUEIRA, Luiz A. **Ciências ambientais para engenharia**. 1. Ed. – Rio de Janeiro: Elsevier, 2014.
- CHAYB, Edilza Filice. **Proposta de uma nova abordagem de classificação dos resíduos domiciliares potencialmente infectantes: uma contribuição para o plano municipal de gestão integrada**. Orientador: Valdir Schalch. 2019. 262 f. Tese (Doutorado em Tecnologia Ambiental) - Universidade de Ribeirão Preto, [S. l.], 2019. Disponível em: <https://repositorio.unaerp.br/handle/12345/225>. Acesso em: 15 maio 2024.

COMPROMISSO EMPRESARIAL PARA RECICLAGEM – CEMPRE (São Paulo). **Lixo Municipal**: Manual de Gerenciamento Integrado. 4. ed. rev. e aum. São Paulo: [s. n.], 2018. 316 p. ISBN 978-85-87345-02-8. Disponível em: [https://cempre.org.br/wp-content/uploads/2020/11/6-Lixo\\_Municipal\\_2018.pdf](https://cempre.org.br/wp-content/uploads/2020/11/6-Lixo_Municipal_2018.pdf). Acesso em: 22 maio 2024.

CONFEDERAÇÃO NACIONAL DA INDÚSTRIA. **Recuperação energética de resíduos sólidos: um guia para tomadores de decisão**. Brasília: CNI, 2019. 111 p. ISBN 978-85-7957-219-7. Disponível em: [https://static.portaldaindustria.com.br/media/filer\\_public/f3/e7/f3e751fc-c9a0-44f0-a769-f3a665e3a0f4/recuperacao\\_energetica\\_de\\_residuos\\_solidos\\_um\\_gui\\_a\\_para\\_tomadores\\_de\\_de\\_ciso.es.pdf](https://static.portaldaindustria.com.br/media/filer_public/f3/e7/f3e751fc-c9a0-44f0-a769-f3a665e3a0f4/recuperacao_energetica_de_residuos_solidos_um_gui_a_para_tomadores_de_de_ciso.es.pdf). Acesso em: 06 maio 2024.

FERREIRA, A. G.; BORBA, S. N. de S.; WIZNIEWSKY, J. G. A PRÁTICA DA COMPOSTAGEM PARA A ADUBAÇÃO ORGÂNICA PELOS AGRICULTORES FAMILIARES DE SANTA ROSA/RS. **Revista Eletrônica do Curso de Direito da UFSM**, [S. l.], v. 8, p. 307–317, 2013. DOI: 10.5902/198136948275. Disponível em: <https://periodicos.ufsm.br/revistadireito/article/view/8275>. Acesso em: 1 jun. 2024.

FIGUEIRA, Ana Cecília Bulhões. **Gerenciamento de Resíduos Sólidos**. 1. ed. Rio de Janeiro: [s. n.], 2016. 160 p. ISBN 978-85-5548-183-3.

FUNDAÇÃO ESTADUAL DO MEIO AMBIENTE. **Caracterização de RSU**: Tipologia. Disponível em: [http://www.feam.br/images/stories/2021/RESIDUOS/retificada-metodologia\\_caracterizao\\_de\\_rsu\\_em\\_mg-.pdf](http://www.feam.br/images/stories/2021/RESIDUOS/retificada-metodologia_caracterizao_de_rsu_em_mg-.pdf). Acesso em: 10 maio 2024.

FUNDAÇÃO ESTADUAL DO MEIO AMBIENTE. **Caracterização gravimétrica dos resíduos sólidos urbanos do Estado de Minas Gerais - Geração per capita**. Belo Horizonte, v.1, 22 p., 2016. Disponível em: [http://www.feam.br/images/stories/2018/ASCOM\\_DIVERSOS/Geraçao\\_per\\_capita\\_site.pdf](http://www.feam.br/images/stories/2018/ASCOM_DIVERSOS/Geraçao_per_capita_site.pdf). Acesso em: 10 maio 2024.

FUNDAÇÃO ESTADUAL DO MEIO AMBIENTE. **Cartilha de orientações**: estudo gravimétrico de resíduos sólidos urbanos. Belo Horizonte, 2019. Disponível em: [http://www.feam.br/images/stories/2019/MINAS\\_SEM\\_LIXOES/Bolsa\\_reciclagem/maio/Cartilha\\_Estudo\\_Gravimetrico.pdf](http://www.feam.br/images/stories/2019/MINAS_SEM_LIXOES/Bolsa_reciclagem/maio/Cartilha_Estudo_Gravimetrico.pdf). Acesso em: 10 maio 2024.

FUNDAÇÃO OSWALDO CRUZ. **Impactos sociais, econômicos, culturais e políticos da pandemia**. Portal Fiocruz. Disponível em: <<https://portal.fiocruz.br/impactos-sociais-economicos-culturais-e-politicos-da-pandemia>>. Acesso em: 27 maio 2024.

HOORNWEG, Daniel; BHADA-TATA, Perinaz. **What a Waste**: A Global Review of Solid Waste Management. Washington, DC: World Bank Group, 2012. 116 p. Disponível em: <https://hdl.handle.net/10986/17388>. Acesso em: 10 jun. 2024.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. **Panorama Brasil**: Censo 2022. Disponível em: <https://cidades.ibge.gov.br/brasil/panorama>. Acesso em: 30 maio 2024.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. **Panorama Minas Gerais**: Censo 2022. Disponível em: <https://cidades.ibge.gov.br/brasil/mg/panorama>. Acesso em: 01 jun. 2024.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. **Panorama São Roque de Minas**. Disponível em: <https://cidades.ibge.gov.br/brasil/mg/sao-roque-de-minas/panorama>. Acesso em: 27 maio 2024.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. **São Roque de Minas - Pesquisa: Produto Interno Bruto 2021**. Disponível em: <https://cidades.ibge.gov.br/brasil/mg/sao-roque-de-minas/pesquisa/38/46996>. Acesso em: 27 maio 2024.

KAZA, Silpa *et al.* **What a Waste 2.0: A Global Snapshot of Solid Waste Management to 2050**. Washington, DC: World Bank Group, 2018. 295 p. ISBN 978-1-4648-1347-4. DOI 10.1596/978-1-4648-1329-0. Disponível em: <https://hdl.handle.net/10986/30317>. Acesso em: 15 maio 2024.

MINAS GERAIS. Conselho Estadual de Política Ambiental (COPAM). **Deliberação Normativa COPAM nº 154, de 25 de agosto de 2010**. Dispõe sobre o coprocessamento de resíduos em fornos de clínquer. Diário do Executivo: Minas Gerais, 04 set. 2010.

MINAS GERAIS. **Lei nº 18.031, de 12 de janeiro de 2009**. Dispõe sobre a Política Estadual de Resíduos Sólidos. Diário do Executivo: Minas Gerais, 13 jan. 2009. Disponível em: <https://www.almg.gov.br/legislacao-mineira/texto/LEI/18031/2009/?cons=1>. Acesso em: 28 maio 2024.

MINISTÉRIO DO MEIO AMBIENTE (Brasil). **Plano Nacional de Resíduos Sólidos**. Brasília: [s. n.], 2022. 209 p. ISBN 978-65-88265-14-4. Disponível em: <https://portal-api.sinir.gov.br/wp-content/uploads/2022/07/Planares-B.pdf>. Acesso em: 3 jun. 2024.

MONTEIRO, José Henrique Penido *et al.* **Manual Gerenciamento Integrado de Resíduos Sólidos**. Rio de Janeiro: [s. n.], 2001. 200 p. Disponível em: [https://www.ibam.org.br/wp-content/uploads/2023/06/manual\\_girs.pdf](https://www.ibam.org.br/wp-content/uploads/2023/06/manual_girs.pdf). Acesso em: 3 maio 2024.

OLIVEIRA, Ana Paula Franco de. **Gestão de resíduos sólidos urbanos e do serviço de saúde**. Curitiba: Contentus, 2020. 96 p. ISBN 978-65-5745-667-5.

SILVEIRA, Augusto Lima da; BERTÉ, Rodrigo; PELANDA, André Maciel. **Gestão de resíduos sólidos: cenários e mudanças de paradigma**. 1. ed. Curitiba: InterSaberes, 2018. 232 p. ISBN 978-85-5972-7531-1. Disponível em: <https://plataforma.bvirtual.com.br/>. Acesso em: 21 maio 2024.

SISTEMA NACIONAL DE INFORMAÇÕES SOBRE A GESTÃO DOS RESÍDUOS SÓLIDOS. **Relatório Estadual de Gestão de Resíduos Sólidos: Minas Gerais 2019**. Disponível em: <https://sinir.gov.br/relatorios/estadual/>. Acesso em: 03 jun. 2024

### Apêndice A - Ficha de apontamento diário de coleta

<b>Data da coleta</b>	___/___/___		
<b>Dia da coleta</b>	<input type="checkbox"/> Segunda <input type="checkbox"/> Terça <input type="checkbox"/> Quarta <input type="checkbox"/> Quinta <input type="checkbox"/> Sexta <input type="checkbox"/> Sábado <input type="checkbox"/> Domingo		
<b>Rota da coleta</b>			
<b>Tipo do caminhão</b>	<input type="checkbox"/> Coletor com compactador	<input type="checkbox"/> Coletor sem compactador	Outro:
<b>Identificação do caminhão</b>			
<b>Volume coletado</b>	<input type="checkbox"/> 1/4	<input type="checkbox"/> 1/2	<input type="checkbox"/> 3/4 <input type="checkbox"/> 1
<b>Condição do tempo</b>	<input type="checkbox"/> Chuvoso	<input type="checkbox"/> Ensolarado	Outro:

<b>Data da coleta</b>	___/___/___		
<b>Dia da coleta</b>	<input type="checkbox"/> Segunda <input type="checkbox"/> Terça <input type="checkbox"/> Quarta <input type="checkbox"/> Quinta <input type="checkbox"/> Sexta <input type="checkbox"/> Sábado <input type="checkbox"/> Domingo		
<b>Rota da coleta</b>			
<b>Tipo do caminhão</b>	<input type="checkbox"/> Coletor com compactador	<input type="checkbox"/> Coletor sem compactador	Outro:
<b>Identificação do caminhão</b>			
<b>Volume coletado</b>	<input type="checkbox"/> 1/4	<input type="checkbox"/> 1/2	<input type="checkbox"/> 3/4 <input type="checkbox"/> 1
<b>Condição do tempo</b>	<input type="checkbox"/> Chuvoso	<input type="checkbox"/> Ensolarado	Outro:

### Apêndice B - Dados das amostras coletadas

Número da Amostra	01
Iniciais do Município	SRM
Data	25/10/2021
ID do caminhão	012
Rota da coleta	ÚNICA
Peso da bombona vazia	14
Peso da bombona cheia	38,3
Peso da amostra	24,3
volume da bombona	200
$P_{e1}$	121,5

Número da Amostra	02
Iniciais do Município	SRM
Data	25/10/2021
ID do caminhão	012
Rota da coleta	ÚNICA
Peso da bombona vazia	14
Peso da bombona cheia	36,9
Peso da amostra	22,9
volume da bombona	200
$P_{e2}$	114,5

Número da Amostra	03
Iniciais do Município	SRM
Data	25/10/2021
ID do caminhão	012
Rota da coleta	ÚNICA
Peso da bombona vazia	14
Peso da bombona cheia	36,8
Peso da amostra	22,8
volume da bombona	200
$P_{e3}$	114

Número da Amostra	04
Iniciais do Município	SRM
Data	25/10/2021
ID do caminhão	012
Rota da coleta	ÚNICA
Peso da bombona vazia	14,5
Peso da bombona cheia	39,6
Peso da amostra	25,1
volume da bombona	200
$P_{e4}$	125,5

Número da Amostra	05
Iniciais do Município	SRM
Data	25/10/2021
ID do caminhão	012
Rota da coleta	ÚNICA
Peso da bombona vazia	14,5
Peso da bombona cheia	35,1
Peso da amostra	20,6
volume da bombona	200
$P_{e5}$	103

Peso total da amostra	115,7
-----------------------	-------

$P_{\text{médio}}$	115,7
--------------------	-------

Número da Amostra	01
Iniciais do Município	SRM
Data	09/11/2021
ID do caminhão	012
Rota da coleta	ÚNICA
Peso da bombona vazia	14
Peso da bombona cheia	23
Peso da amostra	9
volume da bombona	200
$P_{e1}$	45

Número da Amostra	02
Iniciais do Município	SRM
Data	09/11/2021
ID do caminhão	012
Rota da coleta	ÚNICA
Peso da bombona vazia	14
Peso da bombona cheia	26,4
Peso da amostra	12,4
volume da bombona	200
$P_{e2}$	62

Número da Amostra	03
Iniciais do Município	SRM
Data	09/11/2021
ID do caminhão	012
Rota da coleta	ÚNICA
Peso da bombona vazia	14
Peso da bombona cheia	20,8
Peso da amostra	6,8
volume da bombona	200
$P_{e3}$	34

Número da Amostra	04
Iniciais do Município	SRM
Data	09/11/2021
ID do caminhão	012
Rota da coleta	ÚNICA
Peso da bombona vazia	14,5
Peso da bombona cheia	30,8
Peso da amostra	16,3
volume da bombona	200
$P_{e4}$	81,5

Número da Amostra	05
Iniciais do Município	SRM
Data	09/11/2021
ID do caminhão	012
Rota da coleta	ÚNICA
Peso da bombona vazia	14,5
Peso da bombona cheia	20,2
Peso da amostra	5,7
volume da bombona	200
$P_{e5}$	28,5

Peso total da amostra	50,2
-----------------------	------

$P_{\text{médio}}$	50,2
--------------------	------

Número da Amostra	01
Iniciais do Município	SRM
Data	27/10/2021
ID do caminhão	012
Rota da coleta	ÚNICA
Peso da bombona vazia	14
Peso da bombona cheia	24,4
Peso da amostra	10,4
volume da bombona	200
P <sub>e1</sub>	52

Número da Amostra	02
Iniciais do Município	SRM
Data	27/10/2021
ID do caminhão	012
Rota da coleta	ÚNICA
Peso da bombona vazia	14
Peso da bombona cheia	27,7
Peso da amostra	13,7
volume da bombona	200
P <sub>e2</sub>	68,5

Número da Amostra	03
Iniciais do Município	SRM
Data	27/10/2021
ID do caminhão	012
Rota da coleta	ÚNICA
Peso da bombona vazia	14
Peso da bombona cheia	41
Peso da amostra	27
volume da bombona	200
P <sub>e3</sub>	135

Número da Amostra	04
Iniciais do Município	SRM
Data	27/10/2021
ID do caminhão	012
Rota da coleta	ÚNICA
Peso da bombona vazia	14,5
Peso da bombona cheia	32,6
Peso da amostra	18,1
volume da bombona	200
P <sub>e4</sub>	90,5

Número da Amostra	05
Iniciais do Município	SRM
Data	27/10/2021
ID do caminhão	012
Rota da coleta	ÚNICA
Peso da bombona vazia	14,5
Peso da bombona cheia	31,2
Peso da amostra	16,7
volume da bombona	200
P <sub>e5</sub>	83,5

Peso total da amostra	85,9
-----------------------	------

P <sub>médio</sub>	85,9
--------------------	------

Número da Amostra	01
Iniciais do Município	SRM
Data	28/10/2021
ID do caminhão	012
Rota da coleta	ÚNICA
Peso da bombona vazia	14
Peso da bombona cheia	24
Peso da amostra	10
volume da bombona	200
$P_{e1}$	50

Número da Amostra	02
Iniciais do Município	SRM
Data	28/10/2021
ID do caminhão	012
Rota da coleta	ÚNICA
Peso da bombona vazia	14
Peso da bombona cheia	27
Peso da amostra	13
volume da bombona	200
$P_{e2}$	65

Número da Amostra	03
Iniciais do Município	SRM
Data	28/10/2021
ID do caminhão	012
Rota da coleta	ÚNICA
Peso da bombona vazia	14
Peso da bombona cheia	23
Peso da amostra	9
volume da bombona	200
$P_{e3}$	45

Número da Amostra	04
Iniciais do Município	SRM
Data	28/10/2021
ID do caminhão	012
Rota da coleta	ÚNICA
Peso da bombona vazia	14,5
Peso da bombona cheia	22,8
Peso da amostra	8,3
volume da bombona	200
$P_{e4}$	41,5

Número da Amostra	05
Iniciais do Município	SRM
Data	28/10/2021
ID do caminhão	012
Rota da coleta	ÚNICA
Peso da bombona vazia	14,5
Peso da bombona cheia	24,2
Peso da amostra	9,7
volume da bombona	200
$P_{e5}$	48,5

Peso total da amostra	50
-----------------------	----

$P_{\text{médio}}$	50
--------------------	----

Número da Amostra	01
Iniciais do Município	SRM
Data	29/10/2021
ID do caminhão	012
Rota da coleta	ÚNICA
Peso da bombona vazia	14
Peso da bombona cheia	22,8
Peso da amostra	8,8
volume da bombona	200
$P_{e1}$	44

Número da Amostra	02
Iniciais do Município	SRM
Data	29/10/2021
ID do caminhão	012
Rota da coleta	ÚNICA
Peso da bombona vazia	14
Peso da bombona cheia	26,6
Peso da amostra	12,6
volume da bombona	200
$P_{e2}$	63

Número da Amostra	03
Iniciais do Município	SRM
Data	29/10/2021
ID do caminhão	012
Rota da coleta	ÚNICA
Peso da bombona vazia	14
Peso da bombona cheia	21,6
Peso da amostra	7,6
volume da bombona	200
$P_{e3}$	38

Número da Amostra	04
Iniciais do Município	SRM
Data	29/10/2021
ID do caminhão	012
Rota da coleta	ÚNICA
Peso da bombona vazia	14,5
Peso da bombona cheia	24,6
Peso da amostra	10,1
volume da bombona	200
$P_{e4}$	50,5

Número da Amostra	05
Iniciais do Município	SRM
Data	29/10/2021
ID do caminhão	012
Rota da coleta	ÚNICA
Peso da bombona vazia	14,5
Peso da bombona cheia	18,2
Peso da amostra	3,7
volume da bombona	200
$P_{e5}$	18,5

Peso total da amostra	42,8
-----------------------	------

$P_{\text{médio}}$	42,8
--------------------	------

## Apêndice C - Composição gravimétrica

Data da amostragem:				25/10/2021	
Procedência da coleta (Área/ Bairro):				Todo o município	
COMPOSIÇÃO GRAVIMÉTRICA					
Destinação/ disposição POTENCIAL	Categoria	Peso (kg)	Percentual (%)	Tipo de destinação/ disposição ATUAL	Município onde ocorre destinação/ disposição ATUAL
Compostagem	Resto de comida	35,9	31,2%	Lixão	São Roque de Minas/MG
	Poda	0	0,0%	Lixão	São Roque de Minas/MG
Reciclagem	Plástico	26,3	22,9%	Lixão	São Roque de Minas/MG
	Papel e papelão	14,1	12,3%	Lixão	São Roque de Minas/MG
	Vidro	1,8	1,6%	Lixão	São Roque de Minas/MG
	Metal ferroso	0,4	0,3%	Lixão	São Roque de Minas/MG
	Metal não-ferroso	0,5	0,4%	Lixão	São Roque de Minas/MG
Co- processamento	Pedra, terra, louça e cerâmica	0	0,0%	Lixão	São Roque de Minas/MG
	Madeira	0	0,0%	Lixão	São Roque de Minas/MG
	Couro e borracha	0	0,0%	Lixão	São Roque de Minas/MG
	Têxtil	10,1	8,8%	Lixão	São Roque de Minas/MG
Logística reversa/ Aterro sanitário ou outra destinação/ disposição	Contaminante biológico	24	20,9%	Lixão	São Roque de Minas/MG
	Contaminante químico	0	0,0%	Lixão	São Roque de Minas/MG
	Equipamento eletroeletrônico	0	0,0%	Lixão	São Roque de Minas/MG
	Diversos	1,8	1,6%	Lixão	São Roque de Minas/MG
<b>TOTAL</b>		<b>114,9</b>	<b>100,0%</b>		

<b>Data da amostragem:</b>				09/11/2021	
<b>Procedência da coleta (Área/ Bairro):</b>				Todo o município	
<b>COMPOSIÇÃO GRAVIMÉTRICA</b>					
<b>Destinação/ disposição POTENCIAL</b>	<b>Categoria</b>	<b>Peso (kg)</b>	<b>Percentual (%)</b>	<b>Tipo de destinação/ disposição ATUAL</b>	<b>Município onde ocorre destinação/ disposição ATUAL</b>
Compostagem	<b>Resto de comida</b>	7,2	14,4%	Lixão	São Roque de Minas/MG
	<b>Poda</b>	3,8	7,6%	Lixão	São Roque de Minas/MG
Reciclagem	<b>Plástico</b>	18	36,0%	Lixão	São Roque de Minas/MG
	<b>Papel e papelão</b>	12	24,0%	Lixão	São Roque de Minas/MG
	<b>Vidro</b>	1,8	3,6%	Lixão	São Roque de Minas/MG
	<b>Metal ferroso</b>	0,6	1,2%	Lixão	São Roque de Minas/MG
	<b>Metal não-ferroso</b>	0,4	0,8%	Lixão	São Roque de Minas/MG
Co- processamento	<b>Pedra, terra, louça e cerâmica</b>	0	0,0%	Lixão	São Roque de Minas/MG
	<b>Madeira</b>	0	0,0%	Lixão	São Roque de Minas/MG
	<b>Couro e borracha</b>	0	0,0%	Lixão	São Roque de Minas/MG
	<b>Têxtil</b>	2,6	5,2%	Lixão	São Roque de Minas/MG
Logística reversa/ Aterro sanitário ou outra destinação/ disposição	<b>Contaminante biológico</b>	3	6,0%	Lixão	São Roque de Minas/MG
	<b>Contaminante químico</b>	0,6	1,2%	Lixão	São Roque de Minas/MG
	<b>Equipamento eletroeletrônico</b>	0	0,0%	Lixão	São Roque de Minas/MG
	<b>Diversos</b>	0	0,0%	Lixão	São Roque de Minas/MG
<b>TOTAL</b>		<b>50</b>	<b>100,0%</b>		

<b>Data da amostragem:</b>				27/10/2021	
<b>Procedência da coleta (Área/ Bairro):</b>				Todo o município	
<b>COMPOSIÇÃO GRAVIMÉTRICA</b>					
<b>Destinação/ disposição POTENCIAL</b>	<b>Categoria</b>	<b>Peso (kg)</b>	<b>Percentual (%)</b>	<b>Tipo de destinação/ disposição ATUAL</b>	<b>Município onde ocorre destinação/ disposição ATUAL</b>
Compostagem	<b>Resto de comida</b>	16,5	19,4%	Lixão	São Roque de Minas/MG
	<b>Poda</b>	0	0,0%	Lixão	São Roque de Minas/MG
Reciclagem	<b>Plástico</b>	39	45,9%	Lixão	São Roque de Minas/MG
	<b>Papel e papelão</b>	11,4	13,4%	Lixão	São Roque de Minas/MG
	<b>Vidro</b>	4,9	5,8%	Lixão	São Roque de Minas/MG
	<b>Metal ferroso</b>	0,4	0,5%	Lixão	São Roque de Minas/MG
	<b>Metal não-ferroso</b>	0,3	0,4%	Lixão	São Roque de Minas/MG
Co-processamento	<b>Pedra, terra, louça e cerâmica</b>	0	0,0%	Lixão	São Roque de Minas/MG
	<b>Madeira</b>	0	0,0%	Lixão	São Roque de Minas/MG
	<b>Couro e borracha</b>	0	0,0%	Lixão	São Roque de Minas/MG
	<b>Têxtil</b>	3,2	3,8%	Lixão	São Roque de Minas/MG
Logística reversa/ Aterro sanitário ou outra destinação/ disposição	<b>Contaminante biológico</b>	9,2	10,8%	Lixão	São Roque de Minas/MG
	<b>Contaminante químico</b>	0	0,0%	Lixão	São Roque de Minas/MG
	<b>Equipamento eletroeletrônico</b>	0	0,0%	Lixão	São Roque de Minas/MG
	<b>Diversos</b>	0	0,0%	Lixão	São Roque de Minas/MG
<b>TOTAL</b>		84,9	100,0%		

<b>Data da amostragem:</b>				28/10/2021	
<b>Procedência da coleta (Área/ Bairro):</b>				Todo o município	
<b>COMPOSIÇÃO GRAVIMÉTRICA</b>					
<b>Destinação/ disposição POTENCIAL</b>	<b>Categoria</b>	<b>Peso (kg)</b>	<b>Percentual (%)</b>	<b>Tipo de destinação/ disposição ATUAL</b>	<b>Município onde ocorre destinação/ disposição ATUAL</b>
Compostagem	<b>Resto de comida</b>	2,6	5,3%	Lixão	São Roque de Minas/MG
	<b>Poda</b>	0	0,0%	Lixão	São Roque de Minas/MG
Reciclagem	<b>Plástico</b>	20,2	41,5%	Lixão	São Roque de Minas/MG
	<b>Papel e papelão</b>	10,5	21,6%	Lixão	São Roque de Minas/MG
	<b>Vidro</b>	1	2,1%	Lixão	São Roque de Minas/MG
	<b>Metal ferroso</b>	0	0,0%	Lixão	São Roque de Minas/MG
	<b>Metal não-ferroso</b>	0,5	1,0%	Lixão	São Roque de Minas/MG
Co-processamento	<b>Pedra, terra, louça e cerâmica</b>	0	0,0%	Lixão	São Roque de Minas/MG
	<b>Madeira</b>	0	0,0%	Lixão	São Roque de Minas/MG
	<b>Couro e borracha</b>	0	0,0%	Lixão	São Roque de Minas/MG
	<b>Têxtil</b>	4,2	8,6%	Lixão	São Roque de Minas/MG
Logística reversa/ Aterro sanitário ou outra destinação/ disposição	<b>Contaminante biológico</b>	0,2	0,4%	Lixão	São Roque de Minas/MG
	<b>Contaminante químico</b>	0,8	1,6%	Lixão	São Roque de Minas/MG
	<b>Equipamento eletroeletrônico</b>	0	0,0%	Lixão	São Roque de Minas/MG
	<b>Diversos</b>	8,7	17,9%	Lixão	São Roque de Minas/MG
<b>TOTAL</b>		<b>48,7</b>	<b>100,0%</b>		

<b>Data da amostragem:</b>				29/10/2021	
<b>Procedência da coleta (Área/ Bairro):</b>				Todo o município	
<b>COMPOSIÇÃO GRAVIMÉTRICA</b>					
<b>Destinação/ disposição POTENCIAL</b>	<b>Categoria</b>	<b>Peso (kg)</b>	<b>Percentual (%)</b>	<b>Tipo de destinação/ disposição ATUAL</b>	<b>Município onde ocorre destinação/ disposição ATUAL</b>
Compostagem	Resto de comida	2,3	5,4%	Lixão	São Roque de Minas/MG
	Poda	0	0,0%	Lixão	São Roque de Minas/MG
Reciclagem	Plástico	14,6	34,4%	Lixão	São Roque de Minas/MG
	Papel e papelão	7	16,5%	Lixão	São Roque de Minas/MG
	Vidro	1,6	3,8%	Lixão	São Roque de Minas/MG
	Metal ferroso	0,4	0,9%	Lixão	São Roque de Minas/MG
	Metal não-ferroso	0,2	0,5%	Lixão	São Roque de Minas/MG
Co- processamento	Pedra, terra, louça e cerâmica	0	0,0%	Lixão	São Roque de Minas/MG
	Madeira	4,6	10,8%	Lixão	São Roque de Minas/MG
	Couro e borracha	0	0,0%	Lixão	São Roque de Minas/MG
	Têxtil	1,8	4,2%	Lixão	São Roque de Minas/MG
Logística reversa/ Aterro sanitário ou outra destinação/ disposição	Contaminante biológico	2,2	5,2%	Lixão	São Roque de Minas/MG
	Contaminante químico	3,2	7,5%	Lixão	São Roque de Minas/MG
	Equipamento eletroeletrônico	0	0,0%	Lixão	São Roque de Minas/MG
	Diversos	4,6	10,8%	Lixão	São Roque de Minas/MG
<b>TOTAL</b>		<b>42,5</b>	<b>100,0%</b>		