

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

Milene Cunha Costa

**ANÁLISE DA COMPOSIÇÃO GRAVIMÉTRICA DE RESÍDUOS SÓLIDOS
URBANOS: ESTUDO DE CASO - MUNICÍPIO DE DORESÓPOLIS- MG**

Piumhi - MG

2023

MILENE CUNHA COSTA

**ANÁLISE DA COMPOSIÇÃO GRAVIMÉTRICA DE RESÍDUOS SÓLIDOS
URBANOS: ESTUDO DE CASO - MUNICÍPIO DE DORESÓPOLIS- 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

2023

C837a Costa, Milene Cunha.

Análise da composição gravimétrica de resíduos sólidos urbanos: estudo de caso – município de Doresópolis-MG [manuscrito] / Milene Cunha Costa. – 2023.
57 f. : il. color.

Orientador: Humberto Coelho de Melo.
Trabalho de Conclusão de Curso (bacharelado) – Instituto Federal Minas Gerais. *Campus* Avançado Piumhi, 2023.

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

CDD 363.728



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

FOLHA DE APROVAÇÃO

Milene Cunha Costa

ANÁLISE DA COMPOSIÇÃO GRAVIMÉTRICA DE RESÍDUOS SÓLIDOS URBANOS: ESTUDO DE CASO - MUNICÍPIO DE DORESÓPOLIS- 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: 28 de junho de 2023 pela banca examinadora:

BANCA EXAMINADORA:



Documento assinado eletronicamente por Humberto Coelho de Melo, Professor em 28/06/2023, às 18:50, conforme Decreto nº 10.543, de 13 de novembro de 2020.



Documento assinado eletronicamente por Stella Maria Gomes, Professora em 28/06/2023, às 19:11, conforme Decreto nº 10.543, de 13 de novembro de 2020.



Documento assinado eletronicamente por Thiago Pastre Pereira, Professor em 01/07/2023, às 11:13, conforme Decreto nº 10.543, de 13 de novembro de 2020.



Documento assinado eletronicamente por Felipe da Silva Alves, Professor em 03/07/2023, às 11:10, 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 1597351 e o código CRC 631F0A86.

AGRADECIMENTOS

A Deus, por me capacitar e dar sabedoria e determinação para superar todos os desafios vividos durante à graduação e desenvolvimento deste trabalho.

À minha família, por ser meu exemplo de dedicação, coragem, fé e por todo apoio e incentivo.

A todos os professores pelos conhecimentos compartilhados, em especial ao meu orientador Humberto, pelo profissionalismo, comprometimento e paciência na minha orientação.

Aos meus colegas de curso, com os quais convivi durante os últimos anos, pelo companheirismo e pela troca de experiências.

Agradeço também a todos que foram essenciais na realização das etapas práticas deste trabalho, por toda disponibilidade, confiança, contribuição e empenho.

E a todos aqueles que me impulsionaram com palavras de encorajamento durante toda a graduação.

RESUMO

Os resíduos sólidos têm sido motivo de discussão devido a seus impactos negativos ao meio ambiente e à saúde pública. A problemática do RSU ainda é uma realidade de muitos municípios brasileiros, porém vem sendo modificada gradativamente a partir das diretrizes impostas pela Política Nacional de Resíduos Sólidos. Neste contexto, este trabalho tem como objetivo apresentar dados quantitativos e qualitativos dos resíduos gerados no município de Doresópolis-MG, de forma a contribuir com a tomada de ações para aprimorar a gestão e gerenciamento dos resíduos e estar cada vez mais alinhado com a PNRS. A caracterização dos resíduos se deu por meio do estudo gravimétrico, o qual permite conhecer o tipo de resíduo gerado, a geração *per capita* e o peso específico. O planejamento do estudo se deu pela metodologia de caracterização dos resíduos sólidos urbanos desenvolvida pela FEAM para os municípios de Minas Gerais. Os resultados obtidos mostram que, em 2021, a geração *per capita* do município de Doresópolis foi de 0,681 kg/hab./dia, o que refletiu uma geração equiparada à estimada em Minas Gerais. Na amostra semanal, foi possível identificar que o município gera, em maiores proporções, resíduos passíveis de compostagem e de reciclagem. A partir da análise e resultado são propostas ações a fim de aperfeiçoar a gestão dos resíduos sólidos do município.

Palavras-chave: Resíduos sólidos. Gestão integrada de resíduos sólidos. Engenharia civil.

ABSTRACT

Solid waste has been the subject of discussion due to its negative impact on the environment and public health. The problem of RSU is still a reality in many Brazilian counties, but it has been gradually modified based on the guidelines imposed by the National Policy on Solid Waste. In this context, this work aims to present quantitative and qualitative data of the waste generated in the city of Doresópolis-MG, in order to contribute to the taking of actions to improve the management and management of waste and to be increasingly liquid with the PNRS. The characterization of the waste was carried out through the gravimetric study, which allows knowing the type of waste generated, the per capita generation and the specific weight. The study planning was based on the characterization methodology of solid urban waste developed by FEAM for the counties of Minas Gerais. The results obtained show that, in 2021, the per capita generation in the counties of Doresópolis was 0.681 kg/habitant/day, which reflected a generation equivalent to that expected in Minas Gerais. In the weekly sampling, it was possible to identify that the municipality generates, in greater proportions, waste that can be composted and recycled. Based on the analysis and results, actions are proposed in order to improve solid waste management in the counties.

Keywords: Urban Solid Waste. Gravimetric Study. Generation Per Capita. Description.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1- Esquema de quarteamento de resíduos sólidos.....	25
Figura 2- Esquema com as etapas realizadas na pesquisa.....	27
Figura 3- Localização da área de estudo	29
Figura 4 – Veículo da coleta convencional	30
Figura 5 – Veículo da coleta seletiva.....	31
Figura 6 – Treinamento com a equipe	32
Figura 7 – Apresentação das etapas.....	32
Figura 8 – Despejo dos resíduos sólidos urbanos de Doresópolis sobre lona plástica.....	34
Figura 9 – Quarteamento realizado pela equipe do município.....	35
Figura 10 – Acondicionamento das amostras dos RSU para posterior triagem	35
Figura 11 – Triagem dos RSU	35
Figura 12 – Pesagem por categoria.....	35
Figura 13 – Resíduos categorizados como diversos.....	40

LISTA DE GRÁFICOS

Gráfico 1 – Gravimetria dos RSU - Diária	37
Gráfico 2 – Gravimetria dos RSU – Total semanal.....	37
Gráfico 3 – Gravimetria dos RSU – Segunda-feira (02/08/2021).....	38
Gráfico 4 – Gravimetria dos RSU – Quarta-feira (04/08/2021).....	38
Gráfico 5 – Gravimetria dos RSU – Sexta-feira (13/08/2021).....	39
Gráfico 6 - Gravimetria dos RSU – Semanal	39
Gráfico 7 – Quantidade (em kg) de resíduos.....	41
Gráfico 8 - Geração per capita (kg/hab./dia).....	42
Gráfico 9 - Possíveis destinações/disposições.....	42

LISTA DE QUADROS

Quadro 1– Categorias e exemplos de resíduos da composição gravimétrica.....	24
Quadro 2 – Datas das coletas dos RSU para caracterização gravimétrica.	32

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 – Geração de RSU das regiões brasileiras	21
---	----

LISTA DE SIGLAS

ABNT – Associação Brasileira de Normas Técnicas

ABRELPE – Associação Brasileira de Empresas de Limpeza Pública e Resíduos Especiais

AVIPI – Associação Viraser de Piumhi

CICANASTRA – Consórcio Intermunicipal da Serra da Canastra, Alto São Francisco e Médio Rio Grande

EPI's – Equipamentos de Proteção Individual

FEAM - Fundação Estadual do Meio Ambiente

IBGE – Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística

IFMG – Instituto Federal de Minas Gerais

INSEA - Instituto Nenuca de Desenvolvimento Sustentável

IPEA – Instituto de Pesquisa Econômica Aplicada

MG – Minas Gerais

NBR – Norma Brasileira Regulamentadora

PEV's – Pontos de Entrega Voluntária

PIB – Produto Interno Bruto

PNRS – Política Nacional de Resíduos Sólidos

RS – Resíduos Sólidos

RSU – Resíduos Sólidos Urbanos

SNIS – Sistema Nacional de Informações sobre Saneamento

SISEMA - Sistema Estadual do Meio Ambiente e Recursos Hídricos

UNICAMP - Universidade Estadual de Campinas

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO	14
2	OBJETIVOS	16
2.1	OBJETIVO GERAL	16
2.2	OBJETIVOS ESPECÍFICOS.....	16
3	REFERENCIAL TEÓRICO	17
3.1	RESÍDUOS SÓLIDOS	17
3.2	GESTÃO E GERENCIAMENTO DE RESÍDUOS SÓLIDOS NO BRASIL	17
3.3	POSSÍVEIS DESTINAÇÕES.....	19
3.3.1	Compostagem.....	19
3.3.2	Reciclagem.....	19
3.3.3	Coprocessamento	20
3.3.4	Logística Reversa dos resíduos	20
3.3.5	Aterro Sanitário.....	20
3.4	PANORAMA DOS RESÍDUOS SÓLIDOS URBANOS (RSU) NO BRASIL.....	21
3.5	ESTUDO GRAVIMÉTRICO	22
3.5.1	Composição gravimétrica	23
3.5.2	Peso específico	25
3.5.3	Geração <i>per capita</i>	26
4	METODOLOGIA	27
5	ESTUDO GRAVIMÉTRICO	29
5.1	CARACTERIZAÇÃO DA ÁREA DE ESTUDO	29
5.2	CARACTERIZAÇÃO GRAVIMÉTRICA.....	31
5.2.1	Levantamento de informações e treinamento da equipe.....	31
5.2.2	Amostragem e quarteamento dos RSU	32
5.2.3	Triagem dos RSU.....	35
5.3	PARCERIAS E MATERIAIS	35
5.3.1	Gaia social e Programa ViraSer	36
6	RESULTADOS E DISCUSSÃO	37
7	CONCLUSÃO	44
	REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	45
	APÊNDICE A – FICHA DE APONTAMENTO DIÁRIO DE COLETA	48
	APÊNDICE B - DADOS DAS AMOSTRAS COLETADAS	49

APÊNDICE C – COMPOSIÇÃO GRAVIMÉTRICA.....	52
ANEXO A – METODOLOGIA SIMPLIFICADA DE CARACTERIZAÇÃO DE RESÍDUOS SÓLIDOS URBANOS PARA OS MUNICÍPIOS DO ESTADO DE MINAS GERAIS.....	55

1 INTRODUÇÃO

As questões relacionadas aos resíduos sólidos (RS) vêm sendo muito discutidas devido ao aumento de seus impactos negativos ao meio ambiente e à saúde pública. Com o desenvolvimento da população e o crescimento econômico, novos padrões de produção e consumo se estabeleceram, aumentando ainda mais estes impactos (RODRIGUES, 2015).

Muitos municípios brasileiros não acompanham o ritmo de crescimento com a infraestrutura sanitária adequada, além disso, grande parte dos resíduos sólidos urbanos (RSU) ainda são descartados de forma incorreta pela população, o que é um grande potencial desperdiçado, uma vez que muitos resíduos poderiam ser reciclados ou reaproveitados, poupando recursos naturais, financeiros e emissões de dióxido de carbono (CO²).

Segundo dados da Associação Brasileira de Empresas de Limpeza Pública e Resíduos Especiais (Abrelpe), publicado pela CNN Brasil (2020), o Brasil perde R\$ 14 bilhões anualmente quando deixa de reciclar todo resíduo reciclável que é destinando aos aterros e lixões municipais.

Em 2010, passou a vigorar no Brasil a Lei Federal nº 12.305/2010, regulamentada pelo Decreto Federal nº 7.404/2010, a qual institui a Política Nacional de Resíduos Sólidos (PNRS), que apresenta instrumentos, bem como diretrizes relativas à gestão integrada e ao gerenciamento de resíduos sólidos e as responsabilidades dos geradores e do poder público. De forma ampla, esta lei visa diminuir o volume de resíduos nos aterros sanitários e incentivar os mecanismos de reutilização, recuperação e reciclagem de materiais e, conseqüentemente, a redução dos impactos negativos.

Para desenvolver estratégias adequadas a fim de aprimorar a gestão e gerenciamento, é fundamental conhecer as características dos RSU gerados por um município, para melhor determinar os procedimentos para a coleta, transporte, tratamento e sua disposição final (SOARES, 2011). Esta caracterização deve levar em consideração diversos aspectos como quantidade, tipologia, peso específico, frequência de geração e geração *per capita* dos resíduos sólidos.

No interior de Minas Gerais, foi criado o Consórcio Intermunicipal da Serra da Canastra, Alto São Francisco e Médio (CICANASTRA), o qual está de acordo com a Lei Federal nº 11.107/2005, que dispõe sobre normas gerais de contratação de consórcios públicos, com o objetivo de promover a gestão dos resíduos sólidos urbanos dos municípios que fazem parte dele. Até o momento, os municípios que compõem o consórcio são: Capitólio, Córrego Fundo, Doresópolis, Piumhi, Pimenta, São Roque de Minas e Vargem Bonita.

O planejamento da gestão e gerenciamento do RSU dos municípios do CICANASTRA é baseado em dados secundários obtidos através do Sistema Nacional de Informações sobre Saneamento (SNIS), o que muitas vezes não reflete as características de geração e tipologia dos resíduos sólidos urbanos, bem como a logística de coleta e disposição final utilizadas em cada município específico.

Nesse contexto, o presente trabalho tem como objetivo quantificar, classificar e caracterizar os resíduos sólidos urbanos gerados pela população do município de Doresópolis-MG, um dos municípios pertencentes ao consórcio. O estudo se justifica na importância do levantamento de dados para que o município possa adotar novas ações públicas, a fim de se adequar às diretrizes da PNRS, bem como para aprimorar a coleta seletiva e adotar outras práticas que mitiguem os impactos negativos dos RSU.

O estudo foi desenvolvido por meio da parceria entre o IFMG – *Campus Piumhi*, CICANASTRA, Grupo GAIA e a prefeitura de Doresópolis.

2 OBJETIVOS

2.1 Objetivo Geral

O objetivo deste trabalho é estudar os resíduos sólidos urbanos (RSU) gerados no município de Doresópolis, Minas Gerais, produzindo um diagnóstico que poderá fornecer informações para que o município possa se adequar às diretrizes da PNRS (Lei n.º 12.305/2010), bem como contribuir no planejamento de ações na gestão dos RSU.

2.2 Objetivos específicos

- Escolher um método de caracterização gravimétrica;
- Adaptar o método de acordo com a rotina de coleta do município;
- Realizar treinamento com a equipe de coleta do município;
- Realizar as etapas práticas do estudo para levantamento de dados;
- Calcular o peso específico e a geração *per capita*;
- Gerar gráficos e analisar os resultados.

3 REFERENCIAL TEÓRICO

3.1 Resíduos Sólidos

Encontram-se na literatura inúmeras definições para resíduos sólidos. A Lei Federal 12.305 de 2010, a qual institui a Política Nacional dos Resíduos Sólidos (PNRS), em seu art. 3º, define os resíduos sólidos como:

“[...] 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. 3, inc. XVI)

A PNRS ainda classifica os resíduos de acordo com suas fontes geradoras e suas periculosidades. Se tratando da origem, os RSU são compostos pelos resíduos domiciliares, resultantes de atividades domésticas em residências urbanas; e pelos resíduos de limpeza urbana, provenientes da varrição, limpeza de logradouros e vias públicas e outros serviços de limpeza urbana. Outras classificações muito comuns se referem aos resíduos gerados por prestadores de assistência à saúde médica, odontológica, laboratorial, farmacêutica, etc.; e aos resíduos da construção civil, gerados nas construções, reformas, reparos e demolições de edificações, incluídos os resultantes da preparação e escavação de terrenos para obras civis. Outras classificações, não menos importantes, são dos resíduos industriais gerados nos processos produtivos e instalações industriais; resíduos agrossilvopastoris, gerados nas atividades agropecuárias e silviculturais, incluídos os relacionados a insumos utilizados nessas atividades; resíduos de serviços de transportes, originários de portos, aeroportos, terminais alfandegários, rodoviários e ferroviários e passagens de fronteira; e, por fim, resíduos de mineração, provenientes da atividade de pesquisa, extração ou beneficiamento de minérios. Em relação à periculosidade, tem-se os resíduos classificados como perigosos, os quais apresentam significativo risco à saúde pública ou à qualidade ambiental devido às suas características de inflamabilidade, corrosividade, reatividade, toxicidade, patogenicidade, carcinogenicidade, teratogenicidade e mutagenicidade; e os resíduos não perigosos, que são os demais que não se enquadram na classificação anterior (BRASIL, 2010).

3.2 Gestão e gerenciamento de resíduos sólidos no Brasil

“O crescimento das cidades brasileiras não aconteceu de forma planejada, o que impactou a infraestrutura de serviços urbanos, tais como o sistema de gestão dos resíduos

sólidos” (FERRI, G. L. ET AL, 2015, p. 1). Dessa forma, as práticas de descarte incorreto acarretaram, historicamente, em sérios problemas ambientais e de saúde pública.

Em 2010, em meio a situação em que o país se encontrava, em que a geração de resíduos crescia proporcionalmente à população e à economia, o governo brasileiro sancionou a lei 12.305, a qual instituiu a PNRS, que determina diretrizes para a gestão de resíduos sólidos em todo o território nacional (IPEA, 2021).

A PNRS considera a gestão de resíduos integrada como:

“[...] conjunto de ações voltadas para a busca de soluções para os resíduos sólidos, de forma a considerar as dimensões política, econômica, ambiental, cultural e social, com controle social e sob a premissa do desenvolvimento sustentável.” (BRASIL, 2010, art. 3, inc. XI)

A lei conceitua ainda o gerenciamento de resíduos sólidos:

“[...] conjunto de ações exercidas, direta ou indiretamente, nas etapas de coleta, transporte, transbordo, tratamento e destinação final ambientalmente adequada dos resíduos sólidos e disposição final ambientalmente adequada dos rejeitos, de acordo com plano municipal de gestão integrada de resíduos sólidos ou com plano de gerenciamento de resíduos sólidos.” (BRASIL, 2010, art. 3, inc. X)

Os planos de resíduos sólidos nacional, estadual e municipal foram implantados pela lei como instrumentos de planejamento para a estruturação do setor público, sendo de sua competência a gestão integrada dos resíduos sólidos gerados em seus respectivos territórios, enquanto o plano de gerenciamento compete aos geradores de resíduos de serviços de saúde, mineração, industrial e de saneamento básico; aos empreendimentos que geram resíduos perigosos e que não são semelhantes aos resíduos domiciliares; e às empresas de construção civil e de transporte.

A PNRS tem como princípio a responsabilidade compartilhada desde a geração até a destinação final dos produtos, de forma que os fabricantes, importadores, distribuidores e comerciantes, consumidores e titulares dos serviços públicos de limpeza urbana e de manejo dos resíduos sólidos tomem ações individualizadas que contribuam com a redução na geração e minimização do impacto dos resíduos ao meio ambiente e a saúde pública.

Em Minas Gerais, a Fundação Estadual do Meio Ambiente (FEAM) atua de forma estruturada aos demais órgãos do Estado e entidades do Sistema Estadual do Meio Ambiente e Recursos Hídricos (SISEMA), sociedade civil organizada, instituições de ensino e pesquisa e entidades privadas, com o intuito de desenvolver, planejar, executar e monitorar programas, projetos, pesquisas, ações e instrumentos que proporcionem melhoria na gestão ambiental dos resíduos sólidos e rejeitos provenientes das atividades industriais, da mineração, e dos resíduos especiais. É de sua alçada, propor diretrizes técnicas para execução das políticas nacional e estadual de RS; promover o desenvolvimento de programas e projetos de pesquisa e

desenvolvimento, e a adoção de boas práticas de gestão e gerenciamento destes resíduos, visando a não geração, a redução, a reutilização, a reciclagem, o tratamento e a disposição final adequada (FEAM, 2022).

3.3 Possíveis destinações

A FEAM (2019) determina quatro potenciais destinações possíveis para os RSU, sendo elas: compostagem, reciclagem, coprocessamento e logística reversa/aterro sanitário ou outra destinação/disposição. Nos tópicos abaixo estão descritos, brevemente, tais destinações.

3.3.1 Compostagem

Segundo o Ministério do Meio Ambiente (2017), a compostagem é um método que tem por finalidade a criação de condições ideais para contribuir com a degradação de resíduos orgânicos, podendo ser realizado em ambiente doméstico, comunitário e/ou institucional, gerando, a partir disso, um produto uniforme que pode ser utilizado como fertilizante orgânico.

3.3.2 Reciclagem

A reciclagem é um “processo de transformação dos resíduos sólidos que envolve a alteração de suas propriedades físicas, físico-químicas ou biológicas, com vistas a transformação em insumos ou novos produtos” (BRASIL, 2010, art. 3, inc. XIV).

Para que o processo de reciclagem ocorra de forma eficiente, é necessário que os resíduos sejam separados por classificações na fonte geradora. O INSEA (2013) destaca que a coleta seletiva dos resíduos pode ocorrer através de:

- Porta a porta – coleta realizada por veículos específicos nos bairros/setores após separação dos resíduos nas residências;
- Ponto a ponto – os catadores recolhem o lixo reciclável para pontos estratégicos a fim de otimizar a rota do caminhão;
- Pontos de Entrega Voluntária (PEV's) – a população deposita, voluntariamente, seus resíduos de acordo com as classificações em contêineres ou recipientes localizados em locais públicos.

3.3.3 Coprocessamento

O coprocessamento se dá pela queima de resíduos em fornos de cimento e é um método ambientalmente sustentável e economicamente viável em relação às demais. Esta tecnologia não gera novos passivos ambientais e favorece a preservação dos recursos naturais, uma vez que substitui matérias-primas e combustíveis tradicionais no processo de fabricação do cimento (BATTAGIN, 2018).

3.3.4 Logística Reversa dos resíduos

A logística reversa, assim como a reciclagem, é um instrumento de responsabilidade compartilhada pelo ciclo de vida dos produtos. Segundo a lei 12.305 (2010), a logística reversa é definida como:

“instrumento de desenvolvimento econômico e social caracterizado por um conjunto de ações, procedimentos e meios destinados a viabilizar a coleta e a restituição dos resíduos sólidos ao setor empresarial, para reaproveitamento, em seu ciclo ou em outros ciclos produtivos, ou outra destinação final ambientalmente adequada.” (BRASIL, 2010, art. 3, inc. XII)

A PNRS obriga os fabricantes, importadores, distribuidores e comerciantes de: agrotóxicos; pilhas e baterias; pneus; óleos lubrificantes; lâmpadas fluorescentes, de vapor de sódio e mercúrio e de luz mista; e produtos eletroeletrônicos e seus componentes, a criarem condições para resgatar produtos e resíduos após uso do consumidor final, de forma independente do serviço público de limpeza urbana e de manejo de resíduos (BRASIL, 2010).

A logística reversa se resume em um ciclo em que, de forma sucinta, o produto passa pelos setores de indústria, distribuição e varejo e, após uso pelos consumidores, são devolvidos aos comerciantes ou descartados corretamente em pontos de coletas, os quais posteriormente são selecionados e destinados à reciclagem para serem transformados em matéria-prima para novos produtos e embalagens.

3.3.5 Aterro Sanitário

Segundo a ABNT NBR 8419/1992 o aterro sanitário é um método que consiste através de princípios da engenharia, agrupar os resíduos sólidos e reduzi-los ao menor volume possível, cobrindo-os com uma camada de solo ao término do depósito diário de resíduos, ou em intervalos menores, se necessário. Esta prática garante segurança à saúde pública e minimiza os danos ao meio ambiente, pois o mesmo é impermeabilizado e possui sistemas de drenagem de gases e tratamento de chorume.

3.4 Panorama dos Resíduos Sólidos Urbanos (RSU) no Brasil

Em grande parte do ano de 2020, as atividades humanas que eram desenvolvidas em ambientes de trabalho, escolas e universidades, e centros comerciais, foram deslocadas para as residências devido às medidas de distanciamento e isolamento social contra a pandemia do COVID-19, trazendo um novo cenário para a geração e descarte de resíduos (ABRELPE, 2021).

A partir de meados de 2021 houve um retorno gradual das atividades nos padrões que antecederam à pandemia, dessa forma, o consumo e manejo dos materiais descartados pela população sofreram mudanças em relação ao ano anterior (ABRELPE, 2022).

Segundo dados do Panorama de Resíduos Sólidos da Associação Brasileira de Empresas de Limpeza Pública e Resíduos Especiais (ABRELPE, 2022), o Brasil produziu em 2021 aproximadamente 82,6 milhões de toneladas de RSU, ou 226.301 toneladas diárias. Quando a geração *per capita* brasileira de 2021 é comparada com o ano anterior, apresenta uma redução de 1,07 kg para 1,062 kg de resíduos.

Se tratando de uma análise regional, a região Sudeste respondeu por aproximadamente 50% da geração de resíduos em território nacional (41 milhões de toneladas por ano), enquanto as regiões Norte e Centro-Oeste representaram individualmente 7,5% do total gerado (cerca de 6 milhões de toneladas/ano/região), sendo as menores regiões geradoras dentre as demais no ano em questão, seguido pela região Sul (ABRELPE, 2022). Na Tabela 1 estão apresentadas as gerações *per capita* de cada região do país, em 2021.

Tabela 1 – Geração de RSU das regiões brasileiras

Região	Geração <i>per capita</i> (kg/hab/dia)
Norte	0,895
Nordeste	0,968
Centro-Oeste	1,014
Sudeste	1,254
Sul	0,802

Fonte: ABRELPE, 2022.

Dos RSU coletados, 60,5% (46 milhões de toneladas) foram dispostos em aterros sanitários. No entanto, a outra parcela apresentou que a realidade da disposição inadequada (lixões e aterros controlados) ainda se faz presente em todas as regiões, mais consideravelmente nas regiões Norte, Nordeste e Centro-Oeste (ABRELPE, 2022).

Até 2021, cerca de 75% dos municípios brasileiros tiveram uma iniciativa de coleta seletiva, seja ela pontual, que abrange somente parte da população; ou não. Nas regiões Sul e Sudeste, 91,4% e 91,2% dos municípios, respectivamente, apresentaram uma iniciativa de coleta seletiva, sendo ambas regiões brasileiras com os maiores percentuais (ABRELPE, 2022).

Em 2015, a FEAM solicitou aos municípios mineiros o levantamento da composição gravimétrica, a determinação da geração *per capita* e o peso específico dos resíduos sólidos urbanos através de metodologia padronizada apresentada no Anexo A deste trabalho. A geração *per capita* determinada para o Estado de Minas foi de 0,680 kg/hab. Neste levantamento, de 853 municípios do Estado, somente 353 (41%) enviaram respostas. Os dados que puderam ser aproveitados na determinação da geração *per capita* de resíduos sólidos urbanos foram de apenas 170 municípios (20%), uma vez que os demais apresentaram respostas inconsistentes. Segundo a Fundação (FEAM, 2016, p.7) “a baixa adesão de respostas completas e com qualidade por parte dos municípios reflete mais uma vez as dificuldades que afligem o estado mineiro, assim como o país, no tocante à gestão dos resíduos sólidos urbanos.”

3.5 Estudo gravimétrico

As propriedades dos RSU variam de um município para o outro, pois mudam em função de diversos fatores, como o porte do município, os hábitos da população, as principais atividades produtivas, o clima e o nível educacional (INEA, 2021).

Segundo a Abrelpe (2020, p. 38):

O conhecimento da composição dos resíduos sólidos permite o adequado planejamento do setor por meio de estratégias, políticas públicas e processos específicos que assegurem a destinação ambientalmente adequada preconizada pela PNRS, levando-se em consideração as melhores alternativas disponíveis e aplicáveis, de acordo com os tipos e quantidades de resíduos existentes (ABRELPE, 2020, p.38).

Portanto, estudos regulares de caracterização são importantes, uma vez que são necessários para acompanhar as modificações ao passar dos anos e, ainda auxiliar nas tomadas de decisões e proporcionar melhorias nas ações e processos desenvolvidos na esfera da administração municipal.

O estudo gravimétrico permite identificar as principais características e composições dos RSU de um município, possibilitando conhecer a representatividade dos materiais existentes em sua constituição. É composto pela análise da composição gravimétrica e cálculo de estimativas de geração *per capita* e peso específico (FEAM, 2019).

3.5.1 Composição gravimétrica

A composição gravimétrica é um parâmetro qualitativo que reflete, em percentual, a presença de uma categoria de resíduos em relação a uma amostra analisada, bem como o potencial de um município para a compostagem, a reciclagem, a logística reversa, o coprocessamento; e/ou a disposição final em aterros sanitários de consórcios ou não (FEAM, 2015).

Em 2015, a FEAM padronizou uma metodologia de caracterização dos resíduos para os municípios mineiros, com o objetivo de se obter dados quantitativos e qualitativos dos resíduos dos municípios de Minas Gerais, de forma a contribuir com o planejamento regional e estadual das destinações e disposições finais dos resíduos sólidos.

No Quadro 1 estão apresentadas as categorias e exemplos de resíduos definidas pela Fundação.

Quadro 1– Categorias e exemplos de resíduos da composição gravimétrica

Destinação/ disposição POTENCIAL	Categoria	Exemplos
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 eletrônico	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: adaptada de FEAM, 2015.

Monteiro *et al.* (2001) dizem que fatores climáticos, épocas especiais, aspectos demográficos e socioeconômicos influenciam as características dos resíduos.

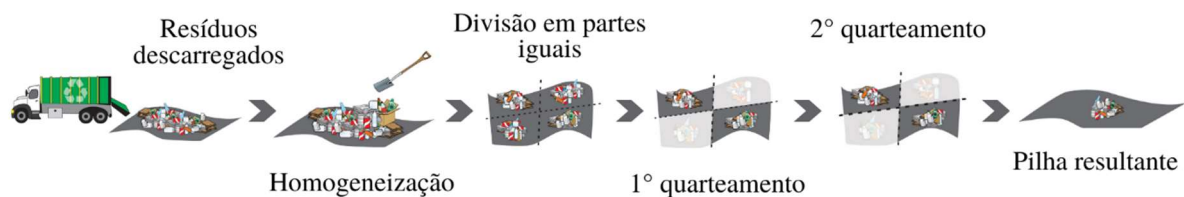
Segundo a FEAM (2019), em localidades cujo desenvolvimento socioeconômico é menos expressivo, observa-se, em geral, que a porcentagem de matéria orgânica é maior quando comparada a locais mais desenvolvidos.

Para determinar a gravimetria desses resíduos, a ABNT NBR 10.007/2004 apresenta o método de quarteamento, que consiste em um:

“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.5)

A Figura 1 apresenta a representação esquemática do método descrito anteriormente.

Figura 1- Esquema de quarteamento de resíduos sólidos



Fonte: adaptada de FEAM, 2019.

A amostragem deve ser realizada pelo período mínimo de uma semana para contemplar as variações da quantidade e composição do lixo gerado pelo município (FEAM, 2015). Além disso, os dias de coleta devem ser escolhidos de forma a evitar datas festivas e períodos de chuva, e é necessário atentar para que os resíduos não sejam compactados, a fim de evitar a descaracterização dos resíduos (INEA, 2021).

3.5.2 Peso específico

O peso específico é expresso em kg/m^3 , e representa o peso do lixo solto em função do volume por eles ocupado, sem compactar. Esse parâmetro quantitativo reflete a densidade dos resíduos e varia muito com a sua composição (FEAM, 2019). Sendo assim, o peso específico é determinado pela Equação 1.

$$\text{Peso específico} = \frac{\text{peso líquido do lixo (kg)}}{\text{volume da amostra (m}^3\text{)}} \quad \text{Equação 1}$$

Portanto, visto que o peso específico se refere ao resíduo solto, é essencial que os resíduos não sejam compactados no momento da coleta, de forma que não haja nenhum comprometimento que possa descaracterizar a maneira de que ele é disposto pela população.

3.5.3 Geração *per capita*

A geração *per capita* (kg/hab.dia) relaciona a quantidade de resíduos urbanos gerada diariamente (kg/dia) e o número de habitantes de determinada região, com base nos dados do Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE). Em outras palavras, é a massa de resíduos sólidos produzidos por uma pessoa em um dia. A Equação 2 é apresentada por FEAM (2019).

$$\text{Geração per capita} = \frac{\text{peso total de resíduos de um dia (kg/dia)}}{\text{n.º de habitantes (ha .)}} \quad \text{Equação 2}$$

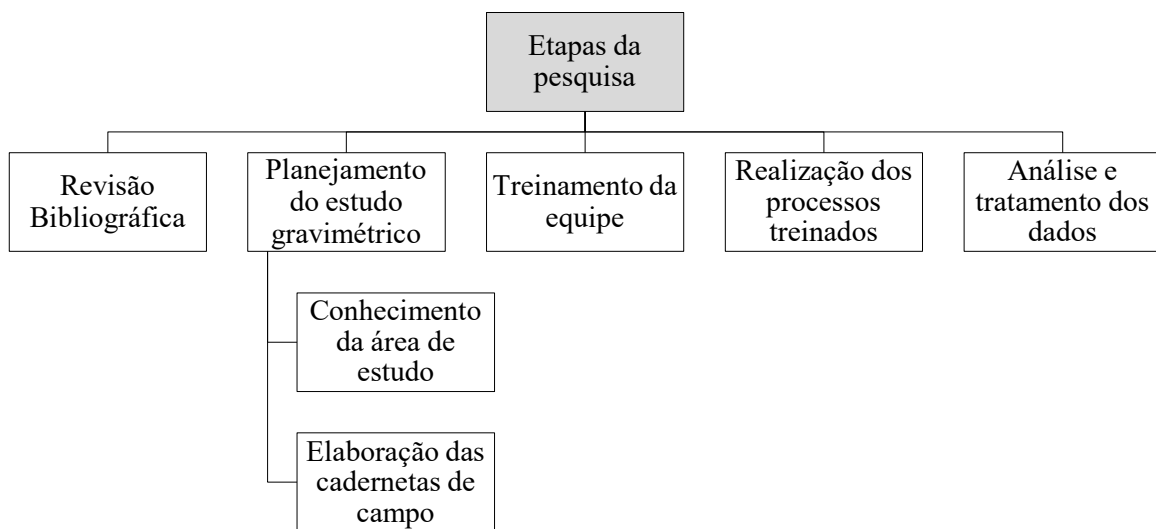
Segundo Monteiro *et al.* (2001), a geração *per capita* é fundamental para subsidiar o planejamento do gerenciamento dos resíduos, uma vez que permite estimar as quantidades de resíduos a coletar e a destinar, bem como auxiliar no dimensionamento dos veículos de coleta.

4 METODOLOGIA

Uma pesquisa traz consigo uma classificação, porém, na prática, abrange vários tipos e dá ênfase em uma específica. Pode ser classificada por sua natureza, objetivos, do ponto de vista de procedimentos técnicos e da forma de abordagem do problema. (PRODANOV, 2013). Dito isto, a presente pesquisa é classificada como aplicada, por gerar conhecimentos práticos a fim de solucionar problemas específicos; exploratória, por não existir material amplamente difundido na literatura que condiz com a realidade em questão; estudo de caso, por possibilitar ser ponto de partida e base inspiratória para estudos relacionados e, por fim quantitativa-qualitativa, por identificar os tipos de resíduos gerados e utilizar técnicas estatísticas para tratar os dados.

A Figura 2 apresenta as etapas que foram realizadas para atingir o objetivo do estudo, as quais estão descritas na sequência.

Figura 2- Esquema com as etapas realizadas na pesquisa



Fonte: da própria autora, 2022.

O planejamento do estudo gravimétrico foi feito com base na “Metodologia simplificada de caracterização de resíduos sólidos urbanos para municípios do Estado de Minas Gerais” (Anexo A).

O trabalho deu-se início pela busca do conhecimento teórico a respeito da composição gravimétrica a fim de identificar os procedimentos necessários para atingir êxito no estudo. Conhecendo as especificidades do município em relação aos resíduos sólidos, buscou-se uma padronização da metodologia alinhada à literatura, desenvolveu-se cadernetas de campo para registro dos dados e um treinamento com a equipe para orientá-los em relação as etapas a serem realizadas. Posteriormente, as etapas do estudo gravimétrico foram realizadas

pelo período de uma semana. Por fim, os dados foram planilhados, tratados e analisados. Cada etapa está apresentada em detalhe, nos tópicos abaixo.

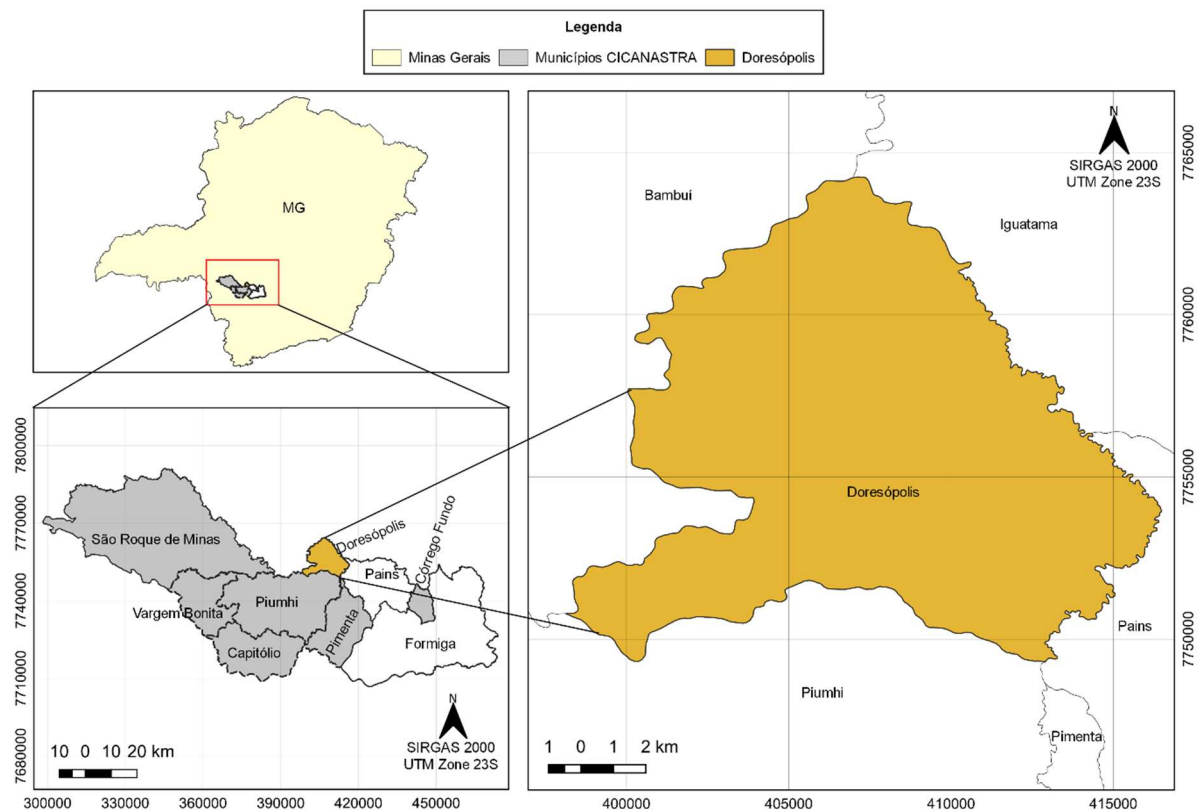
5 ESTUDO GRAVIMÉTRICO

5.1 Caracterização da área de estudo

O estudo foi realizado no município de Doresópolis, localizado no Estado de Minas Gerais, a 282,5 km da capital mineira, Belo Horizonte. O município pertence à mesorregião (subdivisão dos estados brasileiros que reúne cidades de uma área geográfica com similaridades econômicas e sociais) Oeste de Minas e seus municípios limítrofes são: Piumhi, Bambuí, Pimenta, Iguatama e Pains. A localização da área de estudo é apresentada na Figura 3.

A área territorial do município é de 152.912 km² e a população segundo dados da estimativa do IBGE (2021) contabiliza 1.539 habitantes. De acordo com o censo de 2010, o município apresenta uma densidade demográfica de 9,42 hab./km².

Figura 3- Localização da área de estudo



Fonte: da própria autora, 2021.

De acordo com o IBGE, em 2020, o salário médio mensal de trabalhadores formais era de 2,3 salários mínimos, e 18,5% da população total do município encontravam-se nessa condição. Já em relação ao rendimento nominal mensal de até meio salário mínimo, 32,8% da população se enquadravam nesse parâmetro.

A indústria é a atividade econômica que possui maior influência no PIB do município, seguido da administração, defesa, educação e saúde públicas e seguridade social; serviços; e, por fim, agropecuária (IBGE, 2019).

Por se tratar de uma localidade de pequeno porte, a coleta dos resíduos não recicláveis ocorre em três dias na semana: segundas-feiras, quartas-feiras e sextas-feiras. Os resíduos são coletados de porta a porta em todo município por um único caminhão compactador (Figura 4) e são destinados ao aterro controlado em Piumhi-MG. Nas quartas-feiras, a coleta inclui ainda o lixo da empresa L-Imerys Indústria e Comércio de Cal Ltda., localizada fora do perímetro urbano.

Figura 4 – Veículo da coleta convencional



Fonte: da própria autora, 2021.

Em julho de 2021, deu-se início à coleta dos resíduos recicláveis no município, a qual ocorre nas quintas-feiras por um caminhão com carroceria de madeira gradeada (Figura 5). Os mesmos são destinados para a Associação Viraser de Piumhi (AVIPI), Central de Triagem de Resíduos Recicláveis, em Piumhi-MG.

Figura 5 – Veículo da coleta seletiva



Fonte: da própria autora, 2021.

O município não dispunha de série histórica de dados em relação à quantidade de RSU descartados nem de informações sobre a tipologia dos resíduos.

5.2 Caracterização gravimétrica

5.2.1 Levantamento de informações e treinamento da equipe

Inicialmente, buscaram-se dados relevantes por parte do Departamento de Meio Ambiente da Prefeitura Municipal de Doresópolis, em que foram levantadas as seguintes informações: horário de início e término da coleta, quantidade de rotas, caminhões e garis e local de destinação final. Com isso, o planejamento do estudo gravimétrico foi realizado de acordo com a rotina de coleta do município, buscando-se estabelecer uma padronização da metodologia nos processos necessários para a caracterização dos resíduos sólidos.

Posteriormente, realizou-se o treinamento com a equipe disponibilizada pela prefeitura do município para auxiliar na execução da coleta, amostragem, triagem e pesagem

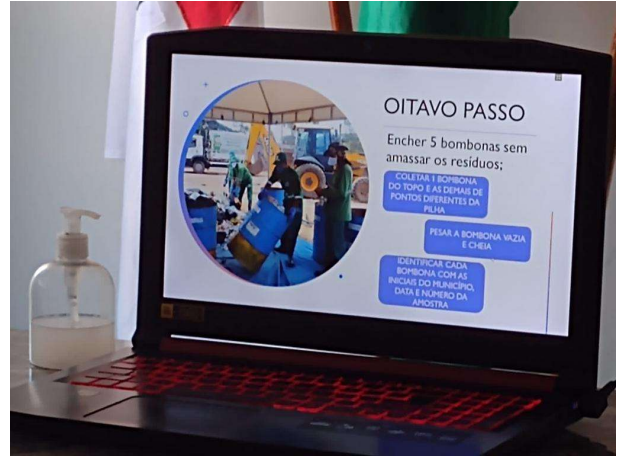
dos resíduos, onde foram alinhados todos os procedimentos e técnicas necessárias para a realização das etapas mencionadas (Figura 6 e Figura 7).

Figura 6 – Treinamento com a equipe



Fonte: da própria autora, 2021.

Figura 7 – Apresentação das etapas



Fonte: da própria autora, 2021.

Na literatura são apresentados diferentes métodos para determinar a composição gravimétrica dos resíduos sólidos. Para o desenvolvimento deste estudo, utilizou-se o método do quarteamo da amostra e foram tomadas como base as orientações da FEAM e da ABNT NBR 10.007:2004 - Amostragem de Resíduos Sólidos.

5.2.2 Amostragem e quarteamo dos RSU

A amostragem foi realizada pelo período de uma semana, durante os dias em que havia coleta do RSU do município. Ressalta-se que não foi necessário alterar a operação rotineira da coleta no município, exceto pelo fato de que os resíduos não foram compactados, de modo a não alterar a densidade dos mesmos. O Quadro 2 apresenta as datas das coletas dos resíduos realizadas para a caracterização gravimétrica.

Quadro 2 – Datas das coletas dos RSU para caracterização gravimétrica.

Localidade	Tipo de coleta	Data
Todo o município	Convencional porta a porta	02/08/2021
Todo o município	Convencional porta a porta	04/08/2021
Todo o município	Seletiva	12/08/2021
Todo o município	Convencional porta a porta	13/08/2021

Fonte: do próprio autor, 2021.

O estudo não foi realizado de forma contínua na mesma semana devido à indisponibilidade da equipe para execução da triagem no último dia (06/08/2021). Dessa forma,

foram analisados os resíduos de sexta-feira (13/08/2021), ou seja, uma semana depois do previsto. A mudança de data não interferiu nos resultados da composição gravimétrica dos resíduos, pois não ocorreu chuva entre as datas e eventos que alterassem a rotina da cidade, desse modo, não modificando o peso, a quantidade e o teor umidades das amostras. Além disso, para garantir a representatividade de todas as categorias de RSU geradas pelo município, os resíduos da coleta seletiva coletados na quinta-feira (12/08/2021) foram homogeneizados com os resíduos não recicláveis da sexta-feira (13/08/2021).

O município de Doresópolis conta apenas com uma rota de coleta por se tratar de uma cidade de pequeno porte, sendo assim, não houve diferenciação de bairros e, com isso, foram representadas todas as categorias de classes socioeconômicas existentes, bem como diferentes usos do território.

Com o intuito de colher informações como: data e rota da coleta; tipo, peso e volume do caminhão; e condições do tempo, desenvolveu-se uma caderneta de campo (Apêndice A) para que fosse preenchida pelo motorista do caminhão, a cada dia em que houvesse a coleta.

Iniciou-se a amostragem despejando aproximadamente $\frac{3}{4}$ do volume do caminhão coletor, conforme mostra a Figura 8. A disposição dos resíduos ocorreu sobre lona plástica, a fim de impedir o contato dos resíduos com o solo.

Figura 8 – Despejo dos resíduos sólidos urbanos de Doresópolis sobre lona plástica



Fonte: da própria autora, 2021.

Em seguida, foi realizado o processo de quarteamento manualmente, com pás e enxadas, conforme as normas da ABNT 10.007/2004 (Figura 9). A fim de garantir uma amostra significativa, fez-se uma coleta de forma aleatória do topo, meio e cantos da pilha resultante, até atingir a quantidade necessária para preencher cinco bombonas plásticas de 200 L, o que corresponde a um volume de 1 m³ de resíduos (Figura 10). As mesmas foram identificadas e pesadas. No Apêndice B encontram-se as cadernetas preenchidas com os dados de cada amostra por dia coletado.

Figura 9 – Quarteamento realizado pela equipe do município



Fonte: da própria autora, 2021.

Figura 10 – Acondicionamento das amostras dos RSU para posterior triagem



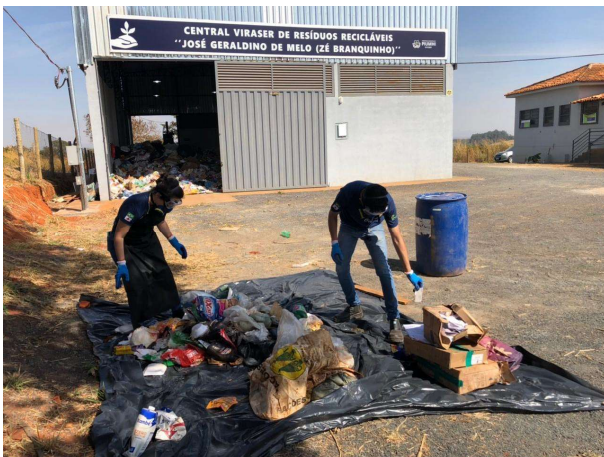
Fonte: da própria autora, 2021.

5.2.3 Triagem dos RSU

As amostras coletadas foram dispostas sobre uma lona plástica para separação manual dos resíduos, conforme as categorias orientadas pela FEAM (Figura 11).

Os pesos de cada categoria foram tabulados (Figura 12) e o percentual de cada uma em relação a amostra foi calculado (Apêndice C). A partir das planilhas preenchidas, foram gerados gráficos para facilitar a exposição e análise dos dados obtidos com a pesquisa.

Figura 11 – Triagem dos RSU



Fonte: da própria autora, 2021.

Figura 12 – Pesagem por categoria



Fonte: da própria autora, 2021.

5.3 Parcerias e materiais

O estudo foi realizado em parceria com o IFMG, o CICANASTRA, o Gaia Social e a Prefeitura Municipal de Doresópolis. Os responsáveis pelo CICANASTRA e Grupo Gaia

intermediaram junto ao poder público; a prefeitura de Doresópolis, articulando todos os trâmites legais.

Além da equipe de garis que foi disponibilizada pelo município para o auxílio na coleta, amostragem e triagem dos resíduos, foram fornecidas bombonas plásticas com capacidade de 200 litros; pás e enxadas para homogeneização dos resíduos e EPI's (luvas e máscara de proteção respiratória) para os colaboradores. O Gaia Social, juntamente com os responsáveis pelo Programa ViraSer, cedeu um espaço na área externa de uma de suas Centrais de triagem de resíduos (AVIPI – Associação ViraSer de Piumhi), localizada a aproximadamente 40 km de Doresópolis, para que fosse feita a triagem e a pesagem dos RS em uma balança disponível no local.

Durante todo o processo, foi utilizada lona plástica, a fim de impedir perdas de material e contaminação das amostras e do solo. Para o acondicionamento dos resíduos por categoria, foram utilizados sacos plásticos.

5.3.1 Gaia social e Programa ViraSer

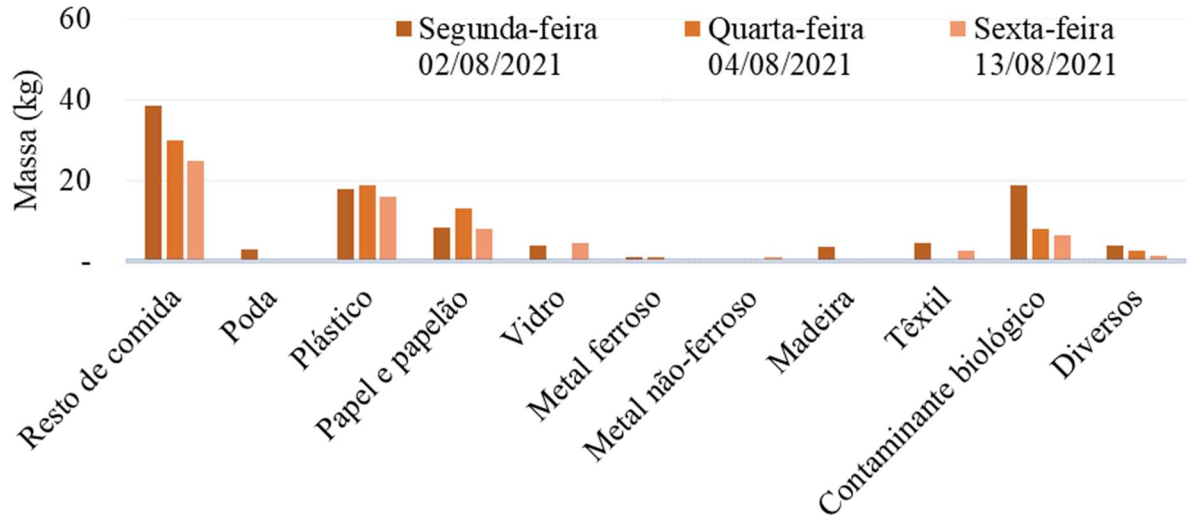
O Gaia Social foi criado por alunos da Unicamp, em 1990, com o intuito de desenvolver ações de educação ambiental e projeto social. Ao longo dos anos, ampliou suas atividades em gestão de normas reguladoras ambientais, gestão integrada, responsabilidade social empresarial e investimento social privado. É *expert* em estratégia de desenvolvimento local, planejando e executando programas e projetos sociais em todo o país. Diante disto, em 2015, foi desenvolvido o Programa ViraSer – Logística Reversa, com foco na inclusão social e geração de renda de milhares de pessoas no Brasil (GAIA SOCIAL, 2023).

O Programa ViraSer foi criado para cumprir as diretrizes da PNRS, com o objetivo de atuar em parceria com os municípios no sistema de coleta seletiva, de forma a cumprir as metas dos Objetivos de Desenvolvimento Sustentável da ONU (VIRASER, 2020).

6 RESULTADOS E DISCUSSÃO

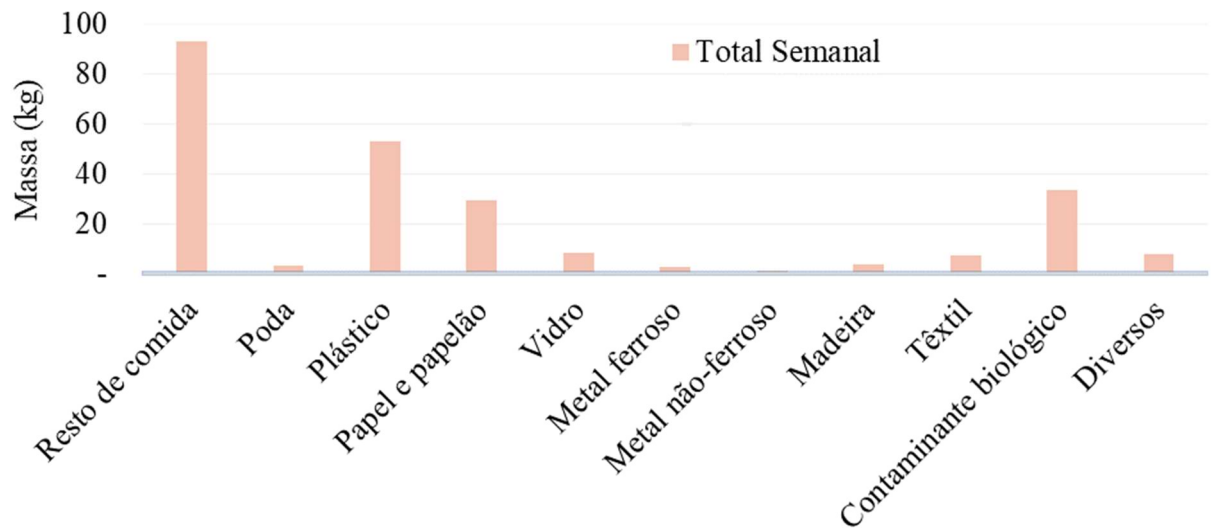
O Gráfico 1 apresenta a composição gravimétrica diária de cada uma das amostras e o Gráfico 2, o total semanal, em massa (kg).

Gráfico 1 – Gravimetria dos RSU - Diária



Fonte: elaborado pela autora, 2021.

Gráfico 2 – Gravimetria dos RSU – Total semanal

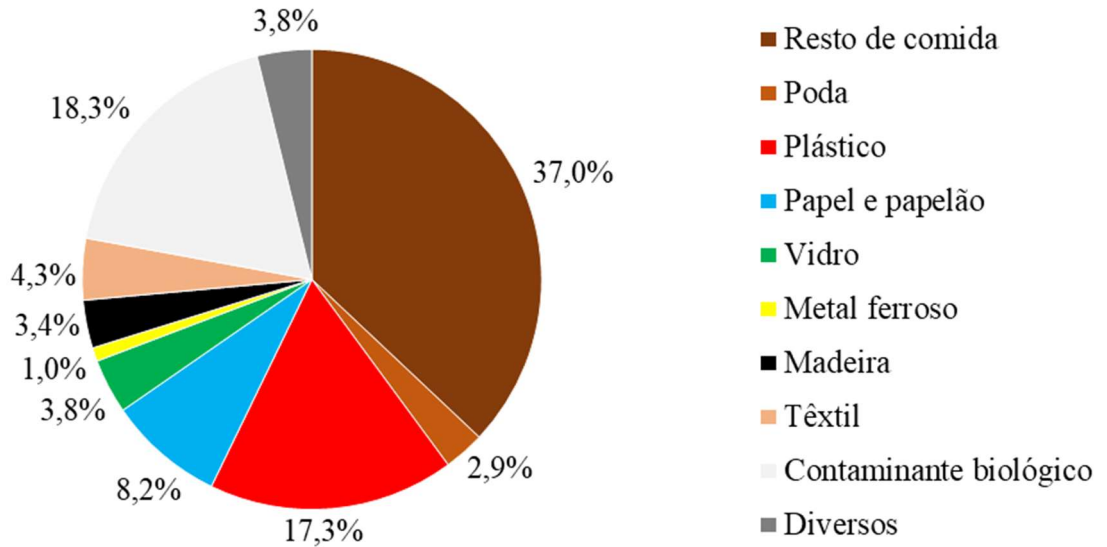


Fonte: elaborado pela autora, 2021.

Através dos dados obtidos, foi possível observar que os resíduos classificados como resto de comida possuem uma presença majoritária em relação aos demais resíduos. Nos Gráfico 3,

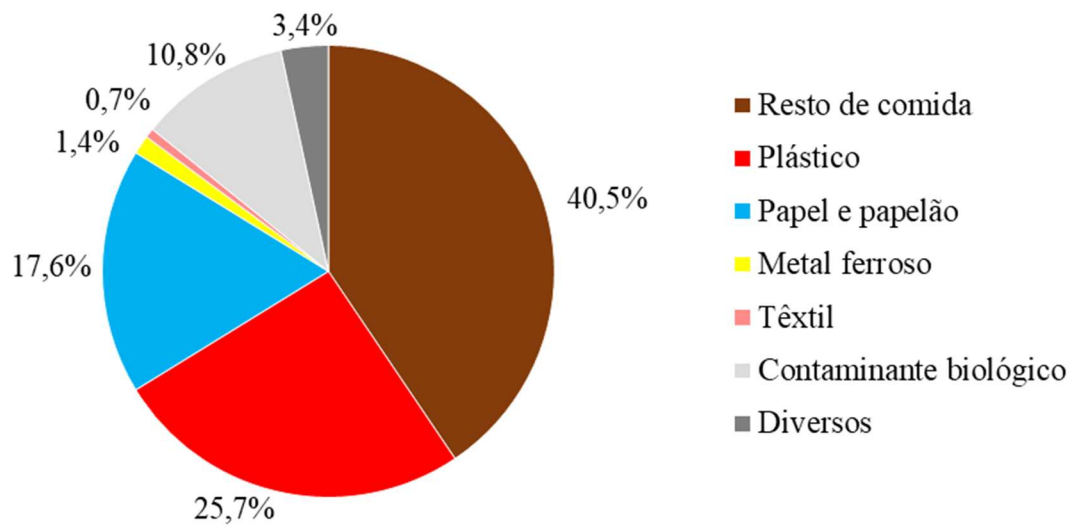
Gráfico 4 e Gráfico 5 pode-se observar essa representatividade em percentual, a qual está variando entre 37% a 40% em cada dia de coleta e um valor médio semanal de 38,4% (Gráfico 6). Diante disso, ressalta-se a falta de conhecimento da população e incentivos governamentais para adoção da prática de compostagem.

Gráfico 3 – Gravimetria dos RSU – Segunda-feira (02/08/2021)



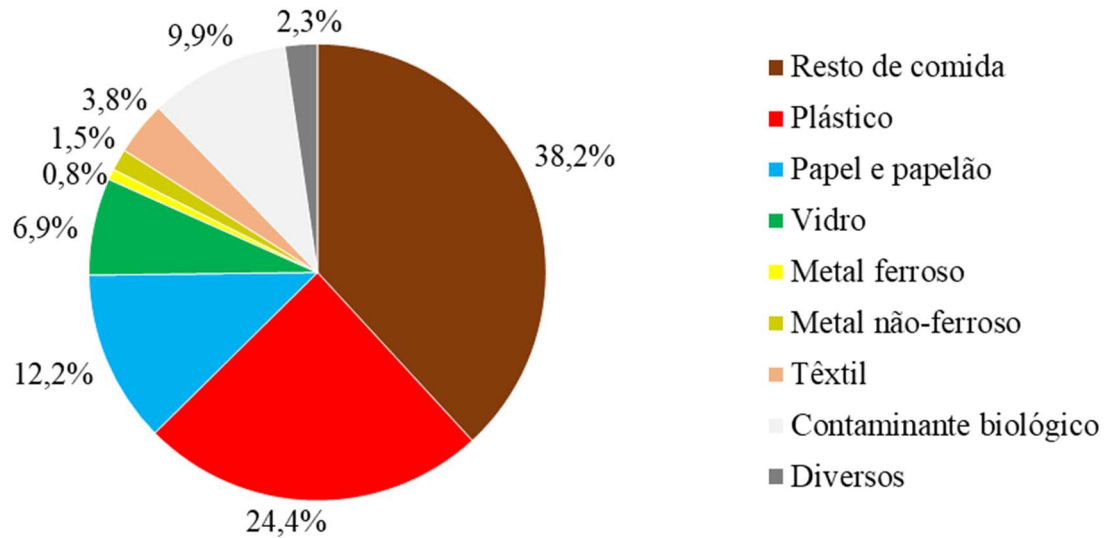
Fonte: elaborado pela autora, 2021.

Gráfico 4 – Gravimetria dos RSU – Quarta-feira (04/08/2021)



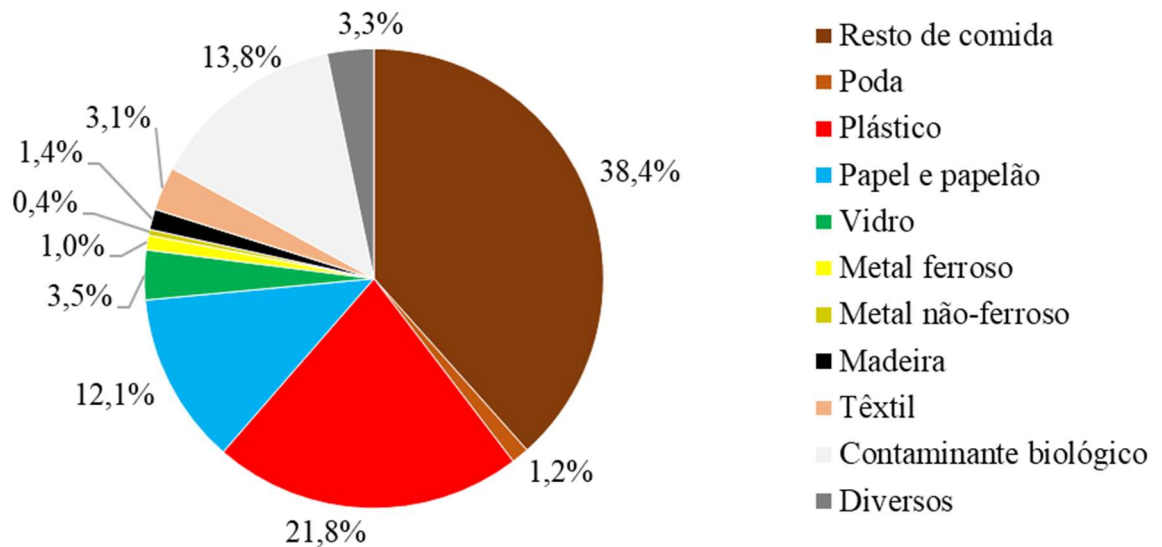
Fonte: elaborado pela autora, 2021.

Gráfico 5 – Gravimetria dos RSU – Sexta-feira (13/08/2021)



Fonte: elaborado pela autora, 2021.

Gráfico 6 - Gravimetria dos RSU – Semanal



Fonte: elaborado pela autora, 2021.

Apesar da coleta seletiva ter sido implementada no dia 1 de julho de 2021, foi possível observar que houve grande presença de resíduos recicláveis na coleta convencional, sendo eles: plástico, papel e papelão, os quais representam semanalmente 21,8% e 12,1%, respectivamente. No dia 04 de agosto de 2021, em que foi realizada a coleta dos resíduos da empresa L-Imerys Indústria e Comércio de Cal Ltda, pôde-se observar que a empresa, apesar de fazer uso, de marmitas de isopor e copos descartáveis, diariamente, não foi suficiente para gerar um aumento considerável na categoria em que esses resíduos se enquadram (plástico).

Notou-se também uma grande presença de resíduos classificados como contaminantes biológicos, principalmente na coleta do dia 2 de agosto de 2021, o que pode ter sido desencadeado pelo acúmulo de resíduos do fim de semana.

Outras categorias de resíduos foram encontradas em menores proporções: vidro, metal ferroso, metal não-ferroso, madeira e têxtil. Em relação à categoria de resíduos diversos, esta compreendeu resíduos de difícil identificação, bem como aqueles que poderiam ser enquadrados em outras categorias, mas que se apresentaram em pequena massa, conforme pode-se observar na Figura 13.

Figura 13 – Resíduos categorizados como diversos

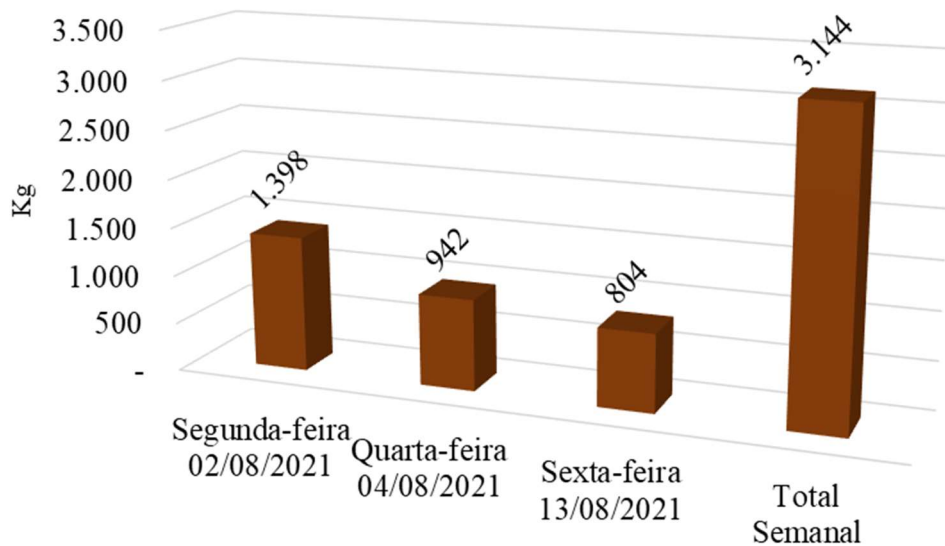


Fonte: da própria autora, 2021.

A pesagem dos caminhões se tornou inviável devido à indisponibilidade de uma balança que estivesse a favor da logística. Portanto, a quantidade de resíduos coletados diariamente foi estimada com base no peso específico das amostras e na capacidade volumétrica do caminhão coletor. O peso específico médio das amostras de cada dia apresentado no Apêndice B foi multiplicado pelo volume do caminhão (12m^3), obtendo-se um peso total de

resíduos por dia igual a 1.398 kg na segunda-feira, 942 kg na quarta-feira e 804 kg na sexta-feira, resultando em uma coleta semanal de 3.144 kg, conforme mostra o Gráfico 7.

Gráfico 7 – Quantidade (em kg) de resíduos



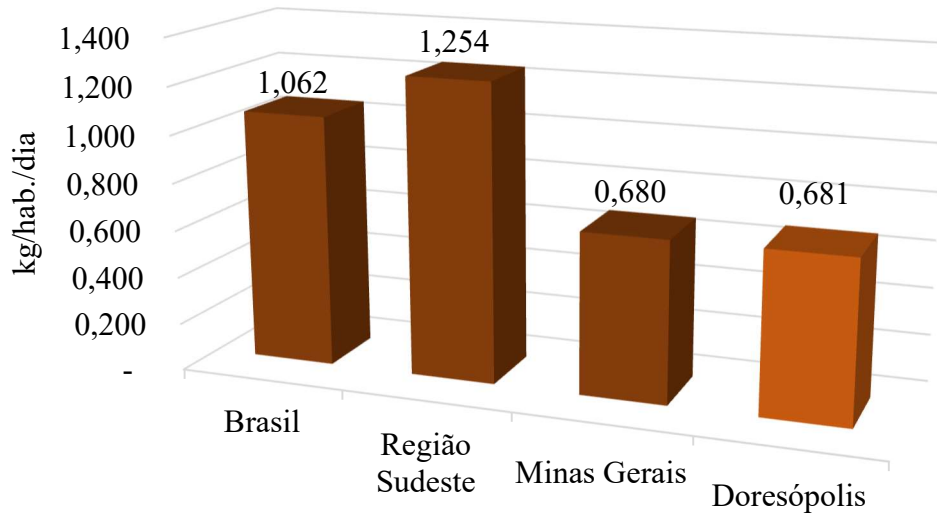
Fonte: elaborado pela autora, 2021.

O peso específico médio encontrado para o município de Doresópolis foi de 87,33 kg/m³. Ressalta-se que não houve interferência de chuvas no período das coletas, desse modo, a umidade dos resíduos não foi alterada significativamente.

Considerando 1.539 habitantes estimados para Doresópolis pelo IBGE (2021), e utilizando a Equação 2 no tópico 3.5.3, a geração per capita estimada foi de cerca de 0,681 (kg/hab./dia).

Comparando os resultados obtidos de geração per capita (Gráfico 8), verificou-se que os valores estão em conformidade com a FEAM (2016), a qual a geração *per capita* para o estado de Minas Gerais é de 0,680 (kg/hab./dia). Entretanto, segundo a Associação Brasileira de Empresas de Limpeza Pública e Resíduos Especiais (ABRELPE, 2022), a geração per capita no Brasil para o ano de 2021 era de 1,062 (kg/hab./dia) e de 1,262 (kg/hab./dia) para a região Sudeste, indicando que Doresópolis gerou, no ano da realização deste estudo, uma quantidade menor de resíduos.

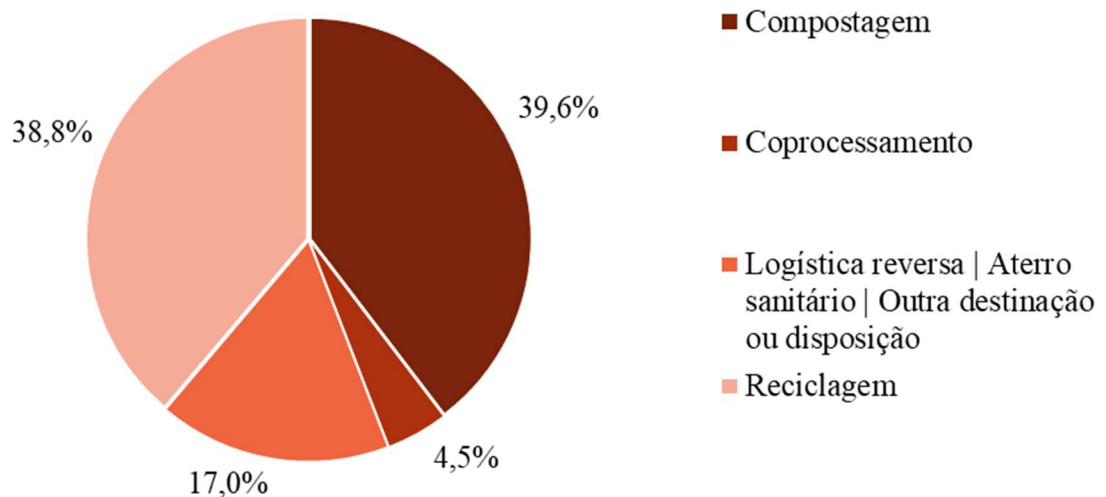
Gráfico 8 - Geração per capita (kg/hab./dia)



Fonte: elaborado pela autora, 2021.

A partir da separação dos resíduos por categorias, foi possível subdividi-los em potenciais destinações ou disposições, conforme sugestão da FEAM (2019). No Gráfico 9 podem ser observados os percentuais resultantes.

Gráfico 9 - Possíveis destinações/disposições



Fonte: elaborado pela autora, 2021.

Dessa forma, conforme a amostra semanal, pôde-se observar que 39,6% dos resíduos possuem potencial para compostagem, notando-se grande presença de restos alimentares e cascas de legumes e frutas, como, por exemplo, arroz, pães, queijos e cascas de laranja; 38,8% para reciclagem, onde houve majoritariamente a presença de isopor[®], sacolas,

copos e papéis; 17% com potencial destinação de logística reversa, aterro sanitário ou outra destinação/disposição, observou-se de forma preponderante a presença de contaminantes biológicos, destacando-se papeis higiênicos, absorventes higiênicos e fraldas descartáveis; e, por fim, 4,5% para coprocessamento, onde constatou-se predominantemente a presença de têxtil e couro e borracha, como, por exemplo, pedaços de tecido, panos de limpeza e sapatos.

Vale ressaltar que os resultados obtidos neste estudo refletem o comportamento de uma semana de inverno do mês de agosto de 2021, um mês posterior ao início da coleta seletiva. Outro ponto a considerar é que nesta semana a população do município de Doresópolis praticava atividades rotineiras. Quaisquer mudanças sejam de clima, tipo de atividades exercidas pela população, período, dentre outros fatores, pode apresentar um resultado divergente.

7 CONCLUSÃO

O estudo gravimétrico do RSU de Doresópolis apresentou como componente predominante os restos de comida (38,4%). Os resíduos sólidos recicláveis plástico, papel e papelão representam a segunda maior parcela de resíduos gerados pelo município (cerca de 34%). Há no município o empreendimento da empresa L-Imerys Indústria e Comércio de Cal Ltda, a qual contribui com volume significativo de resíduos sólidos do município. A produção *per capita* média ficou próxima da geração estimada em Minas Gerais, entretanto, na segunda-feira os valores foram consideravelmente mais altos.

A partir da composição gravimétrica e da distribuição dos resíduos em possíveis destinações foi possível identificar que o município de Doresópolis tem grande potencial para investir em políticas públicas de incentivo à compostagem. Um projeto piloto de compostagem nas escolas seria uma ação interessante para dar início à conscientização da população, partindo das crianças e adolescentes. O adubo natural resultante poderia ser utilizado no cultivo de alimentos orgânicos e hortas no próprio ambiente escolar ou ainda doado à população.

Apesar de o município ter iniciado a coleta seletiva pouco antes do estudo ser realizado, ainda percebe-se que grande parte dos resíduos que poderiam ser recicláveis estão tendo uma destinação incorreta, além de não estarem sendo separados nos locais de geração conforme suas categorias. Tal ação deixa de contribuir com a geração de renda e desenvolvimento social e ambiental. Dessa forma, é importante que o poder público realize campanhas de conscientização da população quanto aos benefícios da reciclagem, bem como orientá-los sobre a maneira correta de separação dos resíduos. Além disso, este cenário pode ser mudado com a instalação de PEV's em locais estratégicos para que os consumidores possam entregar voluntariamente os materiais pós consumo.

Por fim, para melhorar os dados de geração dos RSU do município, recomenda-se a continuidade do preenchimento da ficha de apontamento diário de coleta (Apêndice A), com o objetivo de se construir e manter uma série histórica de dados de geração dos resíduos sólidos do município.

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://abrelpe.org.br/panorama-2020/>. Acesso em: 12 jun. 2022.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE EMPRESAS DE LIMPEZA PÚBLICA E RESÍDUOS ESPECIAIS. **Panorama dos resíduos sólidos no Brasil 2021**. [São Paulo: ABRELPE], 2021. Disponível em: <https://abrelpe.org.br/panorama-2021/>. Acesso em: 11 jun. 2022.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE EMPRESAS DE LIMPEZA PÚBLICA E RESÍDUOS ESPECIAIS. **Panorama dos resíduos sólidos no Brasil 2022**. [São Paulo: ABRELPE], 2022. Disponível em: <https://abrelpe.org.br/panorama-2022/>. Acesso em: 17 jan. 2023.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 10.007**: Amostragem de Resíduos. Rio de Janeiro, 2004.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 8419**: Apresentação de projetos de aterros sanitários de resíduos sólidos urbanos. Rio de Janeiro, 1992.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 10.004**: Resíduos Sólidos: Classificação. Rio de Janeiro, 2004.

BRASIL. IBGE – Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. Pesquisa: **Produto Interno Bruto dos Municípios**. 2020. Disponível em: <https://cidades.ibge.gov.br/brasil/mg/doresopolis/pesquisa/38/46996>. Acesso em: 10 jan. 2023.

BRASIL. IBGE – Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. **Panorama: População**. 2021. Disponível em: <https://cidades.ibge.gov.br/brasil/mg/doresopolis/panorama>. Acesso em: 10 nov. 2021.

BRASIL. IBGE – Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. **Panorama: Trabalho e rendimento**. 2020. Disponível em: <https://cidades.ibge.gov.br/brasil/mg/doresopolis/panorama>. Acesso em: 10 jan. 2023.

BRASIL. Lei Nº 12.305 de 02 de agosto de 2010. **Política Nacional de Resíduos Sólidos (PNRS)**, Brasília, 2010. Disponível em: http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2007-2010/2010/lei/112305.htm. Acesso em: 28 set. 2021.

CONGRESSO BRASILEIRO DO CONCRETO. Panorama do coprocessamento de resíduos em fornos de cimento no Brasil, 2018, Foz do Iguaçu, 13 p. **Anais [...]** Foz do Iguaçu: IBRACON, 2018. Disponível em: https://coprocessamento.org.br/wp-content/uploads/2019/09/PANORAMA_COPROCESSAMENTO_IBRACON_20.7.2018_.pdf. Acesso em: 16 jan. 2023.

FERRI, G. L.; CHAVES, G. L. D; RIBEIRO, G. M. Análise e localização de centros de armazenamento e triagem de resíduos sólidos urbanos para a rede de logística reversa: um estudo de caso no município de São Mateus, ES. **Production**, v. 25, n. 1, p. 27-42, jan./mar. 2015. Disponível em:

<https://www.scielo.br/j/prod/a/gd75y8mWnpNBdhW9wHf6bhs/?format=pdf&lang=pt>.

Acesso em: 28 set. 2021.

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://feam.br/images/stories/2018/ASCOM_DIVERSOS/Gera%C3%A7%C3%A3o_per_capita_site.pdf. Acesso em: 08 set. 2022.

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/CARTILHA_ESTUDO_GRAVIMETRICO.pdf. Acesso em: 21 set. 2021.

FUNDAÇÃO ESTADUAL DO MEIO AMBIENTE. **Geração per capita, peso específico e composição gravimétrica dos RSU nos municípios de Minas Gerais**. Dados de Responsável Técnico (RT) e parâmetros RSU. Disponível em:

<http://www.feam.br/component/content/article/13textoinformativo/1307-geracao-per-capita-e-composicao-gravimetrica-dos-rsu-nos-municipios-de-minas-gerais->. Acesso em: 08 set. 2022.

FUNDAÇÃO ESTADUAL DO MEIO AMBIENTE. **Metodologia simplificada de caracterização de resíduos sólidos urbanos para municípios do Estado de Minas Gerais**. 2015. Disponível em:

http://www.feam.br/images/stories/2015/RESIDUOS_SOLIDOS/retificada-metodologia%20caracterizao%20de%20rsu%20em%20mg-.pdf. Acesso em: 07 jul. 2022.

http://www.feam.br/images/stories/2015/RESIDUOS_SOLIDOS/retificada-metodologia%20caracterizao%20de%20rsu%20em%20mg-.pdf. Acesso em: 07 jul. 2022.

FUNDAÇÃO ESTADUAL DO MEIO AMBIENTE. **Resíduos Sólidos**. 2022. Disponível em:

<http://www.feam.br/residuos-solidos>. Acesso em: 21 jun. 2022.

GAIA SOCIAL. **O Gaia Social**. Campinas, [s.d]. Disponível em: <https://gaiasocial.org.br/>. Acesso em: 29 jan. 2023.

INSTITUTO ESTADUAL DO AMBIENTE. **Estudo da caracterização gravimétrica de resíduos sólidos urbanos: conhecendo a composição dos resíduos para aplicação na gestão municipal**. Rio de Janeiro, 2021. 24 p. Disponível em: <http://www.inea.rj.gov.br/wp-content/uploads/2021/01/Cartilha-Estudo-da-Characteriza%C3%A7%C3%A3o-Gravim%C3%A9trica-de-Res%C3%ADuos-S%C3%B3lidos-Urbanos-2.pdf>. Acesso em: 07 out. 2022.

<http://www.inea.rj.gov.br/wp-content/uploads/2021/01/Cartilha-Estudo-da-Characteriza%C3%A7%C3%A3o-Gravim%C3%A9trica-de-Res%C3%ADuos-S%C3%B3lidos-Urbanos-2.pdf>. Acesso em: 07 out. 2022.

<http://www.inea.rj.gov.br/wp-content/uploads/2021/01/Cartilha-Estudo-da-Characteriza%C3%A7%C3%A3o-Gravim%C3%A9trica-de-Res%C3%ADuos-S%C3%B3lidos-Urbanos-2.pdf>. Acesso em: 07 out. 2022.

LIMA, Francisco P. A *et al.* **Prestação de Serviços de Coleta Seletiva por Empreendimentos de Catadores:** instrumentos metodológicos para contratação. Instituto Nenuca de Desenvolvimento Sustentável – INSEA. Belo Horizonte. 2013. Disponível em: http://www.insea.org.br/cadernos/INSEA_contratacao_de_empreendimentos_PORTUGUES.pdf. Acesso em: 17 jan. 2023.

MAURÍCIO, Talis; FORSTER, Paula. Brasil deixa de ganhar R\$ 14 bilhões com reciclagem de lixo. **CNN BRASIL**. São Paulo, 04 ago. de 2020. Disponível em: <https://www.cnnbrasil.com.br/nacional/brasil-deixa-de-ganhar-r-14-bilhoes-com-reciclagem-de-lixo/>. Acesso em: 05 abr. 2021.

MINISTÉRIO DO MEIO AMBIENTE. **Compostagem doméstica, comunitária e institucional de resíduos orgânicos:** manual de orientação. Brasília, DF, 2017. 68 p. Disponível em: http://arquivos.ambiente.sp.gov.br/municipioverdeazul/2016/07/rs6-compostagem-manualorientacao_mma_2017-06-20.pdf. Acesso em: 17 jan. 2023.

MONTEIRO, J. H. P. *et al.* **Manual de Gerenciamento Integrado de Resíduos Sólidos.** Rio de Janeiro, IBAM, 2001. 204p. Disponível em: <http://www.resol.com.br/cartilha4/manual.pdf>. Acesso em: 8 jul. 2022.

PRODANOV, Cleber Cristiano; FREITAS, Ernani Cesar de. **Metodologia do trabalho científico:** Métodos e Técnicas da Pesquisa e do Trabalho Acadêmico. Rio Grande do Sul, 2013. *E-book*. Disponível em: <https://www.feevale.br/Comum/midias/0163c988-1f5d-496f-b118-a6e009a7a2f9/E-book%20Metodologia%20do%20Trabalho%20Cientifico.pdf>. Acesso em: 01 jun. 2022.

RODRIGUES, Daniela Carolina. **Proposição de um Plano de Gerenciamento de Resíduos Sólidos para o Centro Integrado de Operação e Manutenção da CASAN (CIOM).** Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Engenharia Sanitária e Ambiental) Universidade Federal de Santa Catarina – Centro Tecnológico, 2015. Disponível em: <https://gestaoderesiduos.ufsc.br/files/2016/04/TCC-2015-2-Daniela-Carolina-Rodrigues.pdf>>. Acesso em: 16 jun. 2022.

SACHI, Sacchi. Viraser. **VIRASER:** Responsabilidade compartilhada na gestão de resíduos. Indaiatuba, 2020. Disponível em: <https://reciclaviraser.com.br/>. Acesso em: 29 jan. 2023.

SOARES, E.L.S.F. **Estudo da caracterização gravimétrica e poder calorífico dos resíduos sólidos urbanos.** Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) –Rio de Janeiro: UFRJ. 2011. Disponível em: http://objdig.ufrj.br/60/teses/coppe_m/ErikaLeiteDeSouzaFerreiraSoares.pdf. Acesso em: 18 jun. 2022.

SZIGETHY, Leonardo; ANTENOR, Samuel. IPEA – Centro de Pesquisa em Ciência, Tecnologia e Sociedade, 2021. Resíduos sólidos urbanos no Brasil: desafios tecnológicos, políticos e econômicos. Disponível em: <https://www.ipea.gov.br/cts/pt/central-de-conteudo/artigos/artigos/217-residuos-solidos-urbanos-no-brasil-desafios-tecnologicos-politicos-e-economicos>. Acesso em: 10 jan. 2023.

Apêndice A – Ficha de apontamento diário de coleta

Data da coleta	____/____/____		
Dia da coleta	<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		
Rota da coleta			
Tipo do caminhão	<input type="checkbox"/> Coletor com compactador	<input type="checkbox"/> Coletor sem compactador	Outro:
Identificação do caminhão			
Volume coletado	<input type="checkbox"/> 1/4	<input type="checkbox"/> 1/2	<input type="checkbox"/> 3/4 <input type="checkbox"/> 1
Condição do tempo	<input type="checkbox"/> Chuvoso	<input type="checkbox"/> Ensolarado	Outro:

Data da coleta	____/____/____		
Dia da coleta	<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		
Rota da coleta			
Tipo do caminhão	<input type="checkbox"/> Coletor com compactador	<input type="checkbox"/> Coletor sem compactador	Outro:
Identificação do caminhão			
Volume coletado	<input type="checkbox"/> 1/4	<input type="checkbox"/> 1/2	<input type="checkbox"/> 3/4 <input type="checkbox"/> 1
Condição do tempo	<input type="checkbox"/> Chuvoso	<input type="checkbox"/> Ensolarado	Outro:

Apêndice B - Dados das amostras coletadas

Número da Amostra	01
Iniciais do Município	DO
Data	02/08/2021
ID do caminhão	01
Rota da coleta	ÚNICA
Peso da bombona vazia (Kg)	9
Peso da bombona cheia (Kg)	27
Peso da amostra (Kg)	18
volume da bombona (l)	200
P_{e1} (Kg/m ³)	90

Número da Amostra	02
Iniciais do Município	DO
Data	02/08/2021
ID do caminhão	01
Rota da coleta	ÚNICA
Peso da bombona vazia (Kg)	8,5
Peso da bombona cheia (Kg)	36
Peso da amostra (Kg)	27,5
volume da bombona (l)	200
P_{e2} (Kg/m ³)	137,5

Número da Amostra	03
Iniciais do Município	DO
Data	02/08/2021
ID do caminhão	01
Rota da coleta	ÚNICA
Peso da bombona vazia (Kg)	8,5
Peso da bombona cheia (Kg)	36,5
Peso da amostra (Kg)	28
volume da bombona (l)	200
P_{e3} (Kg/m ³)	140

Número da Amostra	04
Iniciais do Município	DO
Data	02/08/2021
ID do caminhão	01
Rota da coleta	ÚNICA
Peso da bombona vazia (Kg)	9
Peso da bombona cheia (Kg)	24
Peso da amostra (Kg)	15
volume da bombona (l)	200
P_{e4} (Kg/m ³)	75

Número da Amostra	05
Iniciais do Município	DO
Data	02/08/2021
ID do caminhão	01
Rota da coleta	ÚNICA
Peso da bombona vazia (Kg)	8,5
Peso da bombona cheia (Kg)	36,5
Peso da amostra (Kg)	28
volume da bombona (l)	200
P_{e5} (Kg/m ³)	140

$$P_{\text{médio}} = 116,5 \text{ kg/m}^3$$

Número da Amostra	01
Iniciais do Município	DO
Data	04/08/2021
ID do caminhão	01
Rota da coleta	ÚNICA
Peso da bombona vazia (Kg)	9
Peso da bombona cheia (Kg)	24
Peso da amostra (Kg)	15
volume da bombona (l)	200
P_{e1} (Kg/m ³)	75

Número da Amostra	02
Iniciais do Município	DO
Data	04/08/2021
ID do caminhão	01
Rota da coleta	ÚNICA
Peso da bombona vazia (Kg)	8,5
Peso da bombona cheia (Kg)	21,5
Peso da amostra (Kg)	13
volume da bombona (l)	200
P_{e2} (Kg/m ³)	65

Número da Amostra	03
Iniciais do Município	DO
Data	04/08/2021
ID do caminhão	01
Rota da coleta	ÚNICA
Peso da bombona vazia (Kg)	8,5
Peso da bombona cheia (Kg)	28
Peso da amostra (Kg)	19,5
volume da bombona (l)	200
P_{e3} (Kg/m ³)	97,5

Número da Amostra	04
Iniciais do Município	DO
Data	04/08/2021
ID do caminhão	01
Rota da coleta	ÚNICA
Peso da bombona vazia (Kg)	9
Peso da bombona cheia (Kg)	29
Peso da amostra (Kg)	20
volume da bombona (l)	200
P_{e4} (Kg/m ³)	100

Número da Amostra	05
Iniciais do Município	DO
Data	04/08/2021
ID do caminhão	01
Rota da coleta	ÚNICA
Peso da bombona vazia (Kg)	8,5
Peso da bombona cheia (Kg)	19,5
Peso da amostra (Kg)	11
volume da bombona (l)	200
P_{e5} (Kg/m ³)	55

$$P_{\text{médio}} = 78,5 \text{ kg/m}^3$$

Número da Amostra	01
Iniciais do Município	DO
Data	13/08/2021
ID do caminhão	01
Rota da coleta	ÚNICA
Peso da bombona vazia (Kg)	9
Peso da bombona cheia (Kg)	22
Peso da amostra (Kg)	13
volume da bombona (l)	200
P_{e1} (Kg/m ³)	65

Número da Amostra	04
Iniciais do Município	DO
Data	13/08/2021
ID do caminhão	01
Rota da coleta	ÚNICA
Peso da bombona vazia (Kg)	9
Peso da bombona cheia (Kg)	16,5
Peso da amostra (Kg)	7,5
volume da bombona (l)	200
P_{e4} (Kg/m ³)	37,5

Número da Amostra	02
Iniciais do Município	DO
Data	13/08/2021
ID do caminhão	01
Rota da coleta	ÚNICA
Peso da bombona vazia (Kg)	8,5
Peso da bombona cheia (Kg)	29,5
Peso da amostra (Kg)	21
volume da bombona (l)	200
P_{e2} (Kg/m ³)	105

Número da Amostra	05
Iniciais do Município	DO
Data	13/08/2021
ID do caminhão	01
Rota da coleta	ÚNICA
Peso da bombona vazia (Kg)	8,5
Peso da bombona cheia (Kg)	18
Peso da amostra (Kg)	9,5
volume da bombona (l)	200
P_{e5} (Kg/m ³)	47,5

Número da Amostra	03
Iniciais do Município	DO
Data	13/08/2021
ID do caminhão	01
Rota da coleta	ÚNICA
Peso da bombona vazia (Kg)	8,5
Peso da bombona cheia (Kg)	24,5
Peso da amostra (Kg)	16
volume da bombona (l)	200
P_{e3} (Kg/m ³)	80

$$P_{\text{médio}} = 67,0 \text{ kg/m}^3$$

Apêndice C – Composição gravimétrica

Data da amostragem:				02/08/2021	
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	38,5	37	Aterro controlado	Piumhi/MG
	Poda	3	29	Aterro controlado	Piumhi/MG
Reciclagem	Plástico	18	17,3	AVIPI	Piumhi/MG
	Papel e papelão	8,5	8,2	AVIPI	Piumhi/MG
	Vidro	4	3,8	AVIPI	Piumhi/MG
	Metal ferroso	1	1	AVIPI	Piumhi/MG
	Metal não-ferroso	0	0	AVIPI	Piumhi/MG
Coprocessoamento	Pedra, terra, louça e cerâmica	0	0	Aterro controlado	Piumhi/MG
	Madeira	3,5	3,4	Aterro controlado	Piumhi/MG
	Couro e borracha	0	0	Aterro controlado	Piumhi/MG
	Têxtil	4,5	4,3	Aterro controlado	Piumhi/MG
Logística reversa/ Aterro sanitário ou outra destinação/ disposição	Contaminante biológico	19	18,3	Aterro controlado	Piumhi/MG
	Contaminante químico	0	0	Aterro controlado	Piumhi/MG
	Equipamento eletroeletrônico	0	0	Aterro controlado	Piumhi/MG
	Diversos	4	3,8	Aterro controlado	Piumhi/MG
TOTAL		104	100		

Data da amostragem:			04/08/2021		
Procedência da coleta (Área/ Bairro):			Todo o município e Empresa em área rural		
COMPOSIÇÃO GRAVIMÉTRICA					
Destinação/ disposição POTENCIAL	Categoria	Peso (kg)	Percentual (%)	Tipo de destinação/ disposição ATUAL	Município onde ocorre destinação/ disposição ATUAL
Compostagem	Resto de comida	30	40,5	Aterro controlado	Piumhi/MG
	Poda	0	0	Aterro controlado	Piumhi/MG
Reciclagem	Plástico	19	25,7	AVIPI	Piumhi/MG
	Papel e papelão	13	17,6	AVIPI	Piumhi/MG
	Vidro	0	0	AVIPI	Piumhi/MG
	Metal ferroso	1	1,4	AVIPI	Piumhi/MG
	Metal não-ferroso	0	0	AVIPI	Piumhi/MG
Coprocessoamento	Pedra, terra, louça e cerâmica	0	0	Aterro controlado	Piumhi/MG
	Madeira	0	0	Aterro controlado	Piumhi/MG
	Couro e borracha	0	0	Aterro controlado	Piumhi/MG
	Têxtil	0,5	0,7	Aterro controlado	Piumhi/MG
Logística reversa/ Aterro sanitário ou outra destinação/ disposição	Contaminante biológico	8	10,8	Aterro controlado	Piumhi/MG
	Contaminante químico	0	0	Aterro controlado	Piumhi/MG
	Equipamento eletroeletrônico	0	0	Aterro controlado	Piumhi/MG
	Diversos	2,5	3,4	Aterro controlado	Piumhi/MG
TOTAL		74	100		

Data da amostragem:				13/08/2021	
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	25	38,2	Aterro controlado	Piumhi/MG
	Poda	0	0	Aterro controlado	Piumhi/MG
Reciclagem	Plástico	16	24,4	AVIPI	Piumhi/MG
	Papel e papelão	8	12,2	AVIPI	Piumhi/MG
	Vidro	4,5	6,9	AVIPI	Piumhi/MG
	Metal ferroso	0,5	0,8	AVIPI	Piumhi/MG
	Metal não-ferroso	1	1,5	AVIPI	Piumhi/MG
Coprocessoamento	Pedra, terra, louça e cerâmica	0	0	Aterro controlado	Piumhi/MG
	Madeira	0	0	Aterro controlado	Piumhi/MG
	Couro e borracha	0	0	Aterro controlado	Piumhi/MG
	Têxtil	2,5	3,8	Aterro controlado	Piumhi/MG
Logística reversa/ Aterro sanitário ou outra destinação/ disposição	Contaminante biológico	6,5	9,9	Aterro controlado	Piumhi/MG
	Contaminante químico	0	0	Aterro controlado	Piumhi/MG
	Equipamento eletroeletrônico	0	0	Aterro controlado	Piumhi/MG
	Diversos	1,5	2,3	Aterro controlado	Piumhi/MG
TOTAL		65,5	100		

Anexo A – Metodologia simplificada de caracterização de resíduos sólidos urbanos para os municípios do Estado de Minas Gerais

Metodologia simplificada de caracterização de resíduos sólidos urbanos para municípios do Estado de Minas Gerais

Objetivo: Caracterizar os resíduos sólidos urbanos – RSU dos municípios de Minas Gerais, de modo a se ter um diagnóstico quantitativo e qualitativo, bem como o fluxo dos resíduos desses municípios, para auxiliar no planejamento regional e estadual das destinações e disposições finais desses resíduos, priorizando-se soluções consorciadas e comercializações em rede.

Representatividade das amostras: Para que os dados fornecidos pelos municípios possam ser comparados e utilizados com certo grau de confiança, é necessário, primeiramente, que se padronize a metodologia de coleta das amostras. Dessa forma, optou-se por basear a amostragem em uma estratificação sócio-econômica simplificada, já que o padrão de produção e consumo influencia diretamente a geração e o reaproveitamento dos resíduos. Determinou-se a retirada de 3 a 5 amostras em bairros típicos, a saber:

Amostra 1 - bairro residencial com baixo poder aquisitivo típico
Amostra 2 - bairro residencial com médio a alto poder aquisitivo típico
Amostra 3 - bairro comercial típico
Amostra 4 - bairro manufatureiro típico
Amostra 5 - relativa a períodos festivos ou datas comemorativas

Ressalta-se que a definição bairro típico, tem a intenção de chamar a atenção do Responsável Técnico – RT pelo estudo, sobre a importância de se ter critério na escolha do bairro a ser amostrado, de modo que a retirada da amostra se dê em um bairro que possa ser considerado como um bom exemplo dos outros bairros, de mesma característica sócio-econômica, eliminando-se a possibilidade de amostrar um bairro atípico, que não seja bom representante da maioria dos bairros que integram o município, para uma determinada característica.

Outros requisitos para garantir a representatividade das amostras: citam-se a seguir alguns requisitos básicos a serem cumpridos para que seja garantida a representatividade das amostras que se relacionam aos procedimentos de coleta, quando os bairros típicos já tenham sido escolhidos:

- Realizar amostragem na origem, ou seja, os resíduos deverão ser recolhidos diretamente nos domicílios para que sejam evitados quaisquer extravios de material, principalmente devido à catação. Atentar para amostrar antes do caminhão da coleta normal passar.
- Realizar amostragem composta (quando a amostra precisa ser complementada em outro momento) se o município realiza coleta seletiva em dias alternados, o que leva o morador a disponibilizar categorias de resíduos em dias diferentes, tais como um dia para recicláveis e outro para resíduos orgânicos e rejeitos, por exemplo. A amostra do 1º dia deverá ser reservada e adicionada à amostra do 2º dia, de modo a se obter cerca de 200 kg ou cerca de 1m³ ao final dos 2 dias. A amostra total (1º+2º dias) deverá ser processada no 2º dia, para obtenção dos parâmetros solicitados, tendo-se o cuidado de não compactar os resíduos e não abrir os sacos, antes do momento de processar as pesagens, para não ocorrer perda de umidade.

- A amostragem deve ser feita durante o período mínimo de uma semana, para abranger as flutuações na quantidade e composição do lixo gerado. O resultado a ser apresentado é a média das amostras desses dias, ou do conjunto de dias que perfazem uma amostra composta, quando o município tem coleta seletiva.
- Realizar amostragem em bairros com grande percentual de edificações envolvidas com comércio, coletando amostras dessas edificações que efetivamente tenham comércio.
- Realizar amostragem de bairros com grande percentual de edificações que mantenham manufaturas informais ou não, tais como artesanatos, confecções de roupas, produção de biscoitos, etc. que, apesar de terem que se responsabilizar pelos resíduos que geram, muitas vezes pressionam a coleta municipal de RSU, devido a acordos de prestação desse serviço com a administração municipal. As edificações a serem amostradas precisam efetivamente possuir alguma forma de manufatura. Nem todos os municípios terão essa amostra 4.
- Se o RT desejar, poderá apresentar o resultado de cada amostra estratificada (amostra 1, 2, 3 e 4), como sendo a média de tantos quantos forem os bairros de mesma característica sócio-econômica, que foram amostrados, em um esforço de abranger melhor todos os bairros do município, caso haja vontade e disponibilidade de ampliar a amostragem. Entretanto, independente do número de amostras por estratificação sócio-econômica que for realizado, deverá ser encaminhado apenas um resultado médio por estratificação, por município.
- Municípios que tenham grande fluxo de pessoas em feriados e datas comemorativas deverão também encaminhar os dados relativos a esses períodos..

Parâmetros a serem pesquisados nas amostras: como parâmetros quantitativos e qualitativos mínimos deverão ser fornecidos os valores encontrados para a geração per capita, o peso específico e a composição gravimétrica de cada amostra. Os parâmetros médios encontrados deverão ser encaminhados via planilhas do Excel que estão no arquivo:

Anexo - dados RT e parâmetros RSU.xls. Não deverá ser transformado em pdf.

Tamanho das amostras

O quarteamento dos resíduos é um processo que visa diminuir o tamanho da amostra coletada, até que esteja facilmente trabalhável. Exige homogeneização dessa amostra, sua divisão em 4 partes e descarte de 2 dessas partes (vis à vis) até que se chegue ao tamanho de amostra ideal. Nessa metodologia, não se indica a necessidade do quarteamento, desde que a amostra oriunda do campo tenha sua representatividade garantida em um volume de cerca de 1 m³ ou cerca de 200 kg.

Geração per capita (kg/habitante/dia): Esse parâmetro quantitativo é importante para o planejamento da gestão dos RSU, principalmente para dimensionamento de serviços e estruturas de coleta e tratamento desses resíduos.

1) Poderá ser estimado por meio da amostragem realizada, tendo-se o cuidado de realizar a contagem do número de moradores de cada domicílio onde forem recolhidas as amostras. Pesa-se toda a amostra e divide-se a totalização pelo número de moradores que produziram os resíduos relativos a essa amostra.

2) Outro método é realizar a pesagem todos os resíduos produzidos em um dia no município e dividir o total encontrado pelo número de habitantes, tendo como base os dados de população do IBGE (2010).

Peso específico (kg/m^3): Esse parâmetro quantitativo reflete a densidade dos resíduos e varia muito com a composição desses resíduos. É principalmente utilizado para dimensionar equipamentos e estruturas que promovam a compactação dos resíduos.

Poderá ser estimado por meio da amostragem realizada, procedendo-se à pesagem de certa fração da amostra depois de acondicioná-la, sem promover a compactação dos resíduos, em medida rasa e sem coroamento, em um recipiente de volume conhecido. Dessa forma, o resultado encontrado é o peso dessa fração, dividido pelo volume do recipiente. Podem ser feitas várias medidas e retirada uma média. Lembrar que municípios com coleta seletiva deverão homogeneizar a amostra total adquirida com a mistura dos resíduos de todos os dias de coleta parcial, de modo que amostra final contenha a representação de todas as categorias de resíduos.

O parâmetro peso específico refere-se a peso específico solto, então se deve tomar o cuidado de não compactar e não descaracterizar demasiado a forma com que estão disponibilizados pela população.

Composição gravimétrica (%): Esse parâmetro qualitativo demonstra a composição dos RSU em suas várias categorias e permite verificar a sua aptidão para a compostagem, a reciclagem, bem como potencial de coleta centralizada visando a logística reversa e o co-processamento, bem como a disposição final em aterros sanitários de consórcios ou não. As tabelas do Excel onde as composições gravimétricas deverão ser registradas dispõem também de 2 colunas extras, onde o RT deverá registrar os locais de destinação/ disposição de cada categoria, bem como o município onde são destinados ou dispostos atualmente. O objetivo é detectar primariamente os fluxos de RSU que já tenham se estabelecido entre os municípios e subsidiar estudos futuros de consorciamento e comercialização em rede entre eles.

Método:

- 1) Cada amostra deve ter peso de cerca de 200 kg ou cerca de 1m^3 de volume.
- 2) Preparar material necessário: *Material essencial: luvas para triagem, balança, recipiente para separação dos materiais (bacias, sacos, tambores), veículo para coleta do material, lona para despejar o material a ser triado, papel e caneta para anotação dos resultados; *Material adicional: macacão e botas para triadores, mesa para realizar a triagem, pranchetas.
- 3) Traçar a rota das coletas e o cronograma das amostras.
- 4) Descarregar a amostra numa área plana e pavimentada sobre uma lona resistente.
- 5) Abrir as sacolas plásticas e separar os materiais em bacias identificadas com o tipo de material ou outro recipiente, dispor ao redor da amostra para facilitar a visualização e separação.
- 6) Pesar cada item e anotar criteriosamente os dados obtidos em uma planilha, ter atenção em realizar TARA da balança, principalmente se tiverem recipientes de pesos e tamanhos diferentes.
- 7) Realizar a soma do peso de todos os materiais, configurando assim peso total da amostra. 8) Calcular os percentuais de cada material em relação ao peso total da amostra.

$$\text{Percentual de cada categoria}(\%) = \frac{\text{peso de cada fração (kg)}}{\text{peso total da amostra(kg)}} \times 100$$