



**PLANO INTERMUNICIPAL DE GESTÃO
INTEGRADA DE RESÍDUOS SÓLIDOS DO
CONSÓRCIO INTERMUNICIPAL
MULTISSETORIAL DO VALE DO PIRANGA
(PIGIRS/CIMVALPI)**

**APENDICE II – RELATÓRIO DOS ESTUDOS
GRAVIMÉTRICOS**

REVISÃO Nº	DATA	MODIFICAÇÃO	RESPONSÁVEL	ASSINATURA
0	03/06/2020	Emissão Inicial	Marco Pedrosa	
1	19/06/2020	Ajustes e complementações	Carolina Queiroz	
2	15/9/2020	Correções	Marco Pedrosa	

SUMÁRIO

1	 Materiais e Métodos	3
1.1.	 Metodologia de Avaliação Aplicada ao Consórcio	3
1.2.	 Materiais e Procedimentos Técnicos	7
2	 Coleta de Amostras	10
3	 Apresentação dos Resultados	12
3.1.	 Municípios com População até 5.000 habitantes e IMRS Baixo (< 0,6)...	12
3.2.	 Municípios com População até 5.000 habitantes e IMRS Médio (>0,6 a 0,8)	15
3.3.	 Municípios com População Acima de 5.000 até 10.000 Habitantes e IMRS	
	 Médio (>0,6 a 0,8)	19
3.1.	 Municípios com População Acima de 20.000 e até 100.000 Habitantes e	
	 IMRS Médio (>0,6 a 0,8)	22
3.2.	 Demais Faixas Populacionais e IMRS	23
3.3.	 Composição Gravimétrica Média dos Resíduos Sólidos Domésticos dos	
	 Municípios Consorciados CIMVALPI	24
4	 Dados do potencial de destinação e disposição final dos RSU para o	
	 Estado de Minas Gerais.....	26
5	 Discussão dos Resultados.....	27
6	 Referencias Bibliográficas	28
	 ANEXO I – Registros fotográficos.....	29

1 Materiais e Métodos

1.1. Metodologia de Avaliação Aplicada ao Consórcio

O estudo gravimétrico dos RSU de um município, composto pela composição gravimétrica (avaliação dos materiais constituintes), geração per capita e peso específico dos Resíduos Sólidos Urbanos (RSU) visa a identificar as características dos RSU como suporte indispensável para a adequada gestão e gerenciamento de RSU no âmbito municipal. Ele oferece informações para a indicação de soluções apropriadas em questão de indicações técnicas para melhor uso desses recursos (constituintes) em termos de reutilização e reaproveitamento, reciclagem, tratamento, destinação final ambientalmente adequada, e na valorização dos resíduos sólidos. Tal levantamento permite estimar qual a quantidade gerada de cada tipo de resíduo em determinado período de tempo e local. Vale ressaltar que verificando a composição gravimétrica com maior frequência e em épocas do ano pré-determinadas, o gestor municipal consegue acompanhar o comportamento da população em relação à variação na geração do resíduo em quantidade e qualidade. Trata-se, portanto, de atividade fundamental para a indicação da adoção de medidas para o adequado manejo dos RSU (FEAM, 2017)

Visando otimizar a etapa de realização das gravimetrias, optou-se, inicialmente, por classificar os municípios abordados neste plano em sete grupos, de acordo com seu contingente populacional e com base no Índice Mineiro de Responsabilidade Social – IMRS¹ do ano de 2019, calculado pela Fundação João Pinheiro do estado de Minas Gerais (Tabela 1). Este método é uma adaptação daquele utilizado por Ferreira *et al.* (2014), que associa os níveis de consumo municipais ao IMRS (índice que abrange as dimensões saúde, educação, habitação e meio ambiente, segurança pública, renda e emprego, gestão fiscal, cultura, desporto e lazer e demografia, expressando o índice de desenvolvimento dos municípios) e o porte populacional (número de habitantes de cada município).

¹De acordo com a Lei Ordinária nº 15011 (ESTADO DE MINAS GERAIS, 2004), o Índice Mineiro de Responsabilidade Social é um instrumento de planejamento e avaliação social que contempla as dimensões de saúde, educação, habitação, meio ambiente, segurança pública, renda, emprego, gestão fiscal, cultura, desporto e lazer e demografia; expressando, portanto, o grau de desenvolvimento dos municípios. Este índice é calculado pela Fundação João Pinheiro e divulgado bianualmente pelo Governo do Estado de Minas Gerais, no segundo semestre do ano subsequente ao segundo e ao quarto ano do mandato dos governos municipais.

Tabela 1– Classes do IMRS adotadas para fins dos estudos gravimétricos.

Classe	Valor do IMRS
Baixo	Até 0,6
Médio	>0,6 a 0,8
Alto	> 0,8

Fonte: Ferreira, 2014.

Após esta classificação dos municípios, estava previsto que seria selecionado um município de cada grupo para ser realizada a gravimetria dos RSU, utilizando a infraestrutura existente em cada local. Foi considerado, em especial, a existência e a infraestrutura das usinas de triagem e compostagem (UTC) e balanças, uma vez que estas unidades já possuem boa parte do material necessário à realização do estudo gravimétrico. A classificação dos municípios, bem como seus dados populacionais e de IMRS estão descritos na Tabela 2, a seguir.

Tabela 2 - Divisão dos municípios em grupos para realização da gravimetria dos RSU. Classificação com base no número de habitantes e no Índice Mineiro de Responsabilidade Social (IMRS). Valores de referência do ano de 2019.

Perfil/Categoria	Município	Nº de habitantes	IMRS
População até 5.000, IMRS baixo	Amparo da Serra	4.713	0,535
	Pedra do Anta	3.052	0,547
	Cajuri	3.987	0,548
	Diogo de Vasconcelos	3.848	0,55
	Piedade de Ponte Nova	4.140	0,552
	Oratórios*	4.655	0,556
	Canaã	4.563	0,596
População até 5.000 IMRS médio	Acaiaca	3.994	0,603
	Santo Antônio do Grama	3.911	0,604
	Vermelho Novo	4.839	0,611
	Sem-Peixe	2.633	0,614
	Santa Cruz do Escalvado	4.758	0,671
	Rio Doce*	2.610	0,679
População acima de 5.000 e até 10.000 IMRS baixo	Sericita	7.326	0,544
	São Pedro dos Ferros	7.781	0,565
	Paula Cândido*	9.571	0,585
	Caputira	9.298	0,587
	Coimbra	7.556	0,591
População acima de 5.000 e até 10.000 IMRS médio	São José do Goiabal*	5.420	0,622
	Barra Longa	5.131	0,602
	Dom Silvério	5.237	0,689
	Desterro de Entre Rios	7.243	0,639
	Araponga	8.439	0,626
População acima de 10.000 e até 20.000 IMRS baixo	Matipó*	18.908	0,507
	Teixeiras	11.661	0,523
	Jequeri	12.386	0,568
	Porto Firme	11.279	0,569
População acima de 10.000 e até 20.000 IMRS médio	Guaraciaba	10.324	0,603
	Abre Campo	13.454	0,614
	Urucânia*	10.358	0,616

Perfil/Categoria	Município	Nº de habitantes	IMRS
	Rio Casca	13.564	0,64
	Alvinópolis	15.203	0,647
População acima de 20.000 e até 100.000, IMRS Médio	Raul Soares	23.762	0,637
	Viçosa	78.846	0,636
	Ouro Preto*	74.281	0,671
	Mariana	60.724	0,687
	Ponte Nova	59.742	0,688
	Visconde do Rio Branco	42.564	0,705
	Itabirito	51.875	0,727

*Locais de realização de gravimetria, por grupo de população/IMRS.

Fonte: Elaboração própria, com base em dados IBGE e FJP.

Cabe salientar, porém, que esse levantamento teve início em janeiro de 2020 e os trabalhos vinham sendo realizados como previsto e como ficou definido com a direção do CIMVALPI, entretanto por questões que fugiram completamente do controle operacional (elevada taxa de precipitação registrada para janeiro e fevereiro, uma das maiores nas últimas décadas, e a decretação pela Organização Mundial da Saúde (WHO), a partir de meados de março de 2020, da pandemia do Covid-19) fez com que a execução do trabalho fosse interrompida, sem poder definir uma data para ter sua continuação e complementação. Deve ficar registrado, no entanto, que os primeiros levantamentos gravimétricos foram realizados em Oratórios (janeiro/20), São José do Goiabal (janeiro/20) e Rio Doce (março/20).

Destaca-se que o caso da pandemia do novo COVID-19 neste momento de transmissão e registro de casos é tão grave que, visando a garantir a proteção da saúde pública dos trabalhadores e a prevenção da disseminação da doença, por orientação da Associação Brasileira de Engenharia Sanitária e Ambiental (ABES, março de 2020), os resíduos domiciliares devem ser coletados diariamente com recomendações especiais para a segurança dos trabalhadores envolvidos na coleta, que a coleta seletiva de recicláveis deva ser suspensa e que devido ao desconhecimento sobre como e por quanto tempo o COVID-19 pode ser transmitido por contato com objetos e materiais presentes nos RSU, não é possível sugerir um prazo para o fim da quarentena e, portanto, manuseá-los com segurança para a realização da gravimetria. Devido às condições e limitações citadas acima não foi possível realizar as outras gravimetrias como previstas.

De forma a minimizar os prejuízos pelo contexto apresentado e possibilitar uma análise da composição dos resíduos sólidos domésticos consistente dos

municípios consorciados ao CIMVALPI, optou-se por utilizar os estudos gravimétricos existentes no território, de acordo com perfis definidos e, quando não possível, buscou-se utilizar de referências bibliográficas consolidadas para estes estudos. A Tabela 3 apresenta os estudos de gravimetria realizados no território CIMVALPI.

Três perfis populacionais e de IMRS (População acima de 5.000 e até 10.000 habitantes e IMRS baixo, População acima de 10.000 e até 20.000 habitantes e IMRS baixo e População acima de 10.000 e até 20.000 habitantes e IMRS médio) não possuem municípios com estudos divulgados e publicados de gravimetria disponíveis para esta análise. Nestes casos foi utilizado estudo realizado pelo ministério do Meio Ambiente (MMA, 2012) para as análises realizadas no PIGIRS.

O perfil de municípios com população acima de 20.000 e até 100.000 habitantes e IMRS Médio possui quatro estudos gravimétricos realizados, entre os anos de 1999 e 2019. Para este grupo de municípios foi utilizado o estudo realizado em Mariana, que possui metodologia adequada ao porte do município e é a mais recente dentre os estudos municipais identificados para este perfil (realizada no ano de 2019).

Tabela 3 – Estudos gravimétricos identificados no território CIMVALPI.

Perfil	Município	Estudo Gravimétrico Realizado	Ano
População até 5.000, IMRS baixo	Oratórios	*Fundação Gorceix/ CIMVALPI	2020
População até 5.000, IMRS médio	Rio Doce	*Fundação Gorceix/ CIMVALPI	2020
População acima de 5.000 e até 10.000, IMRS baixo	-	**	2012
População acima de 5.000 e até 10.000, IMRS médio	Araponga	Prefeitura Municipal	2015
	Desterro de Entre-Rios	Myr Projetos Sustentáveis e Azevedo Sette Advogados (PMGIRS)	2010
	Dom Silvério	Prefeitura Municipal (PMSB)	2006
	São José do Goiabal	*Fundação Gorceix/ CIMVALPI	2020
População acima de 10.000 e até 20.000, IMRS baixo	-	**	2012
População acima de 10.000 e até 20.000, IMRS médio	-	**	2012
População acima de 20.000 e até 100.000, IMRS Médio	Mariana	*Fundação Renova/ Prefeitura Municipal (PMGIRS)	2019
	Mariana	Prefeitura Municipal	2015
	Mariana	Fundação Gorceix/ Prefeitura Municipal	2007

Perfil	Município	Estudo Gravimétrico Realizado	Ano
	Ouro Preto	Fundação Gorceix/ Prefeitura Municipal	1999
	Viçosa	Magalhães & Magalhães (2007)	2007
	Visconde do Rio Branco	Prefeitura Municipal	2016

* Estudos primários realizados no PIGIRS/ CIMVALPI.

** Perfis analisados de acordo com composição gravimétrica de referência (MMA, 2012).

Fonte: Elaboração própria.

A partir desta abordagem é possível avaliar satisfatoriamente a variação da composição gravimétrica dos resíduos sólidos domésticos dos municípios consorciados, através de uma abordagem fundamentada em dados majoritariamente primários e considerados recentes. A opção pelo estudo gravimétrico do Ministério do Meio Ambiente (MMA, 2012) nos perfis de municípios onde não há dados primários e recentes é justificada pelo fato dos planos municipais que não realizaram estudos de composição gravimétrica, em sua maioria, terem referenciado este estudo e, desta forma, referendado esta abordagem.

Vale ressaltar que os dados de estudos de avaliação gravimétrica de RSU são muito heterogêneos e normalmente elaborados em estudos técnicos específicos (planos de resíduos) e acadêmicos com ampla diversidade de técnicas e critérios metodológicos, o que acaba por trazer resultados muito díspares em questões de composição de materiais presentes nos RSU. Complementarmente, por não possuir dados oficiais para levantamentos dessa natureza, a Fundação Estadual do Meio Ambiente (FEAM, 2017) elaborou um estudo com abrangência estadual visando traçar um panorama das características gravimétricas dos RSU do estado de Minas Gerais. Esse documento também foi utilizado nesse levantamento para dar suporte a discussões sobre esses dados.

1.2. Materiais e Procedimentos Técnicos

Na literatura são apresentados diferentes métodos para a verificação da composição gravimétrica dos resíduos sólidos, tendo a maior parte delas como base a técnica do quarteamento da amostra (BARROS, 2012; CEMPRE, 2018; FEAM, 2019, SIQUEIRA *et al*, 2016, SLU/DF, 2016), conforme estabelece a ABNT NBR 10.007/2004.

Figura 1 – Procedimento deQuarteamento aplicado aos Ensaio Gravimétricos.



Fonte: Adaptado de SLU/DF, 2016.

O estudo de composição gravimétrica dos resíduos sólidos ou estudo gravimétrico, é um diagnóstico quanti–qualitativo dos resíduos sólidos gerados no município, por meio do qual se determina a quantidade, em porcentagem, de cada tipo de resíduo (diferentes materiais) que se encontra na massa total dos resíduos sólidos urbanos. A metodologia escolhida para a realização do estudo gravimétrico nos municípios escolhidos foi baseada em uma combinação dos métodos de Siqueira *et al.* (2015) e da Cartilha de Orientações para Estudo Gravimétrico de Resíduos Sólidos da Fundação Estadual de Meio Ambiente – FEAM (2019).

a. *Materiais básicos*

- 1 balança eletrônica com indicador digital e capacidade de medida de 300 Kg;
- Equipamentos de Proteção Individual (luvas, máscaras, botas);
- 1 caminhão basculante (disponibilizado pela Prefeitura);
- 1 trator com concha frontal (disponibilizado pela Prefeitura);

- Tambores de plástico (bombonas de 200 L);
- 1 câmera fotográfica
- 2 cordas de 10 metros;
- 3 vassouras;
- 2 pás;
- 2 garfos;
- Pranchetas, lápis e folhas de papel A4;
- Pincel;
- Calculadora.

b. *Procedimentos*

- Definição das rotas de coleta de amostras dos resíduos sólidos urbanos;
- Pesagem, cálculo, medidas de volume e identificação dos recipientes (coletores) nos quais serão depositados os resíduos a serem amostrados;
- Pesagem e cálculo do volume do caminhão coletor com os resíduos a serem amostrados;
- Transporte dos resíduos para o local de realização do estudo gravimétrico;
- Descargas dos resíduos oriundos do equipamento sobre lona plástica para levantamento dos constituintes dos RSD;
- Pesagem do caminhão coletor das amostras de resíduos;
- Homogeneização manual da pilha resultante do descarregamento;
- Quarteamento e escolha dos quartís a serem novamente homogeneizados;
- Obtenção da amostra utilizada para segregação/triagem dos materiais (2 tambores de 200 litros cada)
- Descarte das demais partes, deixando na superfície de trabalho somente a amostra de resíduos;
- Triagem e pesagem de cada componente presente nos RSD;
- Cálculo da percentagem de cada material presente no RSD. Os materiais segregados por classe foram dispostos em recipientes, devidamente identificados por tipo de materiais, peso líquido e volume;
- Cálculo da geração per capita.

2 Coleta de Amostras

Após a coleta de um dia de trabalho, os resíduos domésticos foram levados para um local plano e livre de umidade, normalmente em área próxima da UTC, transbordo ou aterro em operação. O material foi depositado sobre uma superfície plana com posterior abertura dos sacos, caixas e outros recipientes em que estava acondicionado com posterior revolvimento com auxílio de enxadas e garfos, até obter-se um único monte homogêneo.

Após, realizou-se a técnica de quarteamento para a obtenção de uma amostra de resíduos com volume de aproximadamente 200 litros, com o auxílio de quatro bombonas plásticas que posteriormente foram encaminhados para triagem manual dos diferentes materiais. Os resíduos foram separados em tipos diferentes comumente encontrados nos resíduos domésticos, sendo: matéria orgânica; plástico rígido, filme e PET; papel e papelão; *tetra pack*; metais; vidro; material inerte; madeira; borracha; tecido; couro; eletrônicos e rejeitos diversos. Posteriormente os materiais foram acondicionados em sacolas plásticas individuais e pesadas com uma balança mecânica e de mão. Com a massa das diferentes frações, determinou-se o percentual de cada uma delas em relação ao montante total, obtendo-se, assim, a gravimetria de cada município representante do grupo em questão.

A identificação e avaliação das rotas de coleta é fundamental para o estudo de composição gravimétrica dos municípios representantes dos perfis de População/IMRS. O objetivo é a obtenção de uma amostragem representativa, de acordo com os diferentes perfis socioeconômicos existentes e, desta forma, avaliar a composição gravimétrica dos resíduos domésticos.

As rotas de coleta utilizadas para o estudos estão especificadas na Tabela 4.

Tabela 4 - Rotas de coleta realizadas nos municípios para o estudo gravimétrico

Municípios	Dia de amostragem	Bairros de amostragem
Oratórios (População até 5.000, IMRS)	08/01/2020	Sede - Antônio Lima Carvalho, Centro, Nossa senhora das Graças, São José.
	12 e 13/01/2020	Sede - Antônio Lima Carvalho, Centro, Nossa senhora das

Municípios	Dia de amostragem	Bairros de amostragem
baixo)		Graças, São José.
	17/01/2020	Sede - Antônio Lima Carvalho, Centro, Nossa senhora das Graças, São José.
Rio Doce (População até 5.000, IMRS médio)	17/03/2020	Zona rural - Comunidade do Jorge. Sede - Centro; Perobas; Graminha.
	18/03/2020	Zona rural - Comunidade Matadorouro. Sede - Centro; Perobas; Graminha.
São Jose do Goiabal (População acima de 5.000 e até 10.000, IMRS médio)	19 e 20/01/2020	Sede - Centro, Bela Vista, São João, José Vieira Pessoa, Padre Ermelindo e Batistinha.
	21 e 23/01/2020	Sede - Centro, José Vieira Pessoa, Padre Ermelindo e Batistinha. Zona rural - Terça-feira (21/01): Comunidade Biboca, Barra Alegre e Córrego do Izidoro. Zona rural - Quinta -feira (23/01): Comunidade Lagoa Luiz Carlos, Messias Gomes, Firma Araújo, Patrimônio requerente.
Mariana (População acima de 20.000 e até 100.000, IMRS Médio)	27/05/2019	Sede: Bairros Santo Antônio, Cruzeiro do Sul, Centro, Vila do Carmo e Santa Clara, conforme plano de amostragem realizado.

Fonte: Elaboração própria.

3 Apresentação dos Resultados

3.1. Municípios com População até 5.000 habitantes e IMRS Baixo (< 0,6)

Para representar o primeiro perfil de População até 5.000 habitantes e IMRS baixo (<0,6), foi escolhido o município de Oratórios que conta com a infraestrutura de uma UTC completa que, apesar de estar completamente desativada, é utilizada por catadores informais (Figura 2 a Figura 5). Observar que em Oratórios não existe coleta seletiva de resíduos, tampouco associação de catadores organizada. Foram realizadas três amostragens de RSU feitas a partir de resíduos coletados em todo o município nos dias 09/01/2020, 14/01/2020 e 18/01/2020.

Figura 2 - Materiais utilizados nos Ensaio Gravimétricos.



Figura 3 - Descarga dos Resíduos Sólidos Domésticos de Oratórios para homogeneização.



Figura 4—Triagem do Material realizado na esteira.



Figura 5 - Pesagem das amostras por tipo de material.



Como apontado, o município de Oratórios não realiza coleta seletiva e na área da UTC é operado um transbordo que também recebe os resíduos da coleta convencional dos municípios Amparo do Serra, Santo Antônio do Gramma e Teixeira. No dia dos trabalhos de levantamento verificou-se a retirada de recicláveis por

empresa de transporte em caminhão do tipo baú. Os resultados do estudo de gravimetria realizados no município estão apresentados descritivamente na Tabela 5 e Tabela 6.

Figura 6 e Figura 7 apresentam, respectivamente, os gráficos de composição percentual dos materiais e classificação geral destes resíduos em levantamentos feitos janeiro de 2020.

Tabela 5 - Composição das amostras obtidas em Oratórios

Material	Representatividade amostral (%)
Alumínio	0,18%
Papel	0,66%
Fraldas	5,34%
Papelão	6,63%
Plástico Mole/ Filme	9,18%
Plástico Duro	2,32%
PET	1,53%
Metais	0,85%
Vidro	1,33%
Embalagens TetraPark (Longavida)	0,94%
Eletrônicos, pilhas e baterias	0,04%
Madeira	0,53%
Isopor/ Espumas	0,31%
Materia Orgânica	39,03%
Tecidos	4,64%
Rejeitos/Outros	26,49%
TOTAL	100,00%

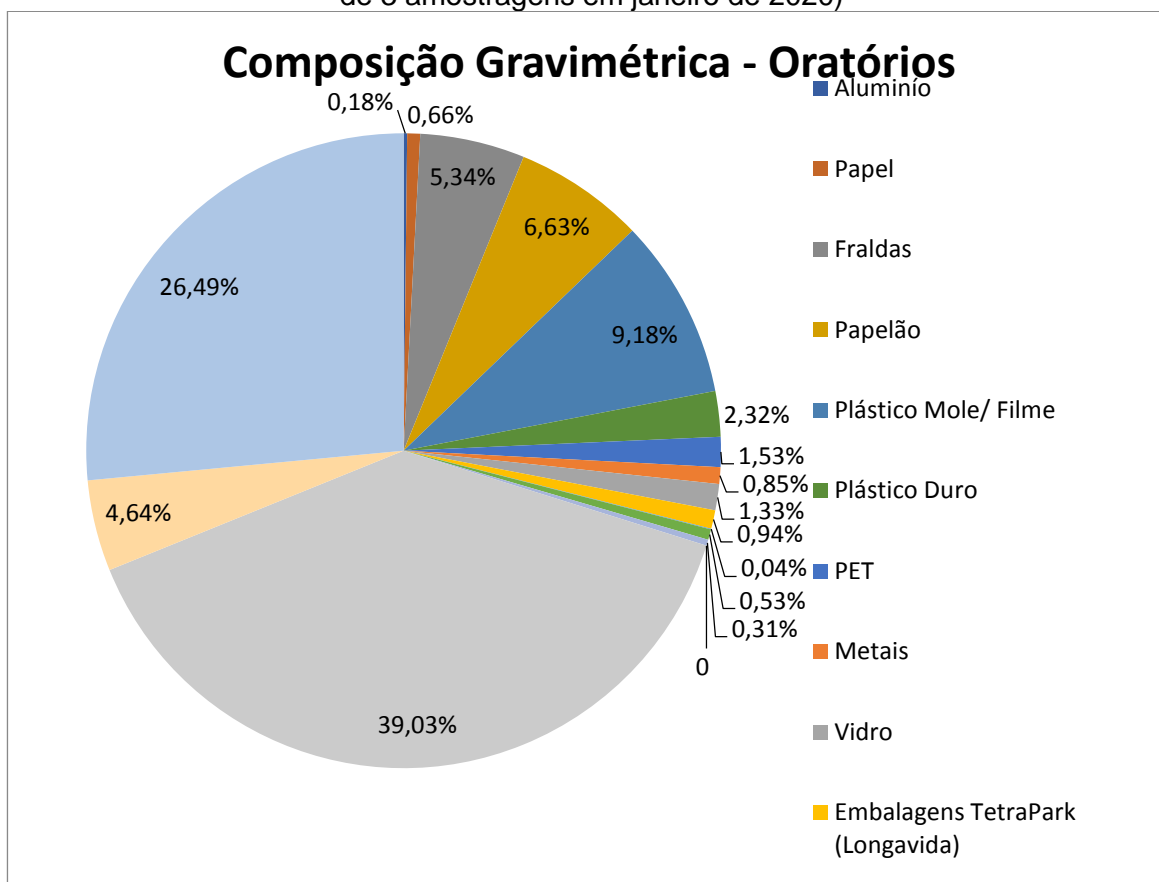
Fonte: Elaboração própria.

Tabela 6 - Composição gravimétrica geral no Município de Oratórios.

Composição do RSD	Representatividade amostral (%)
Reciclável	28,57%
Rejeito	31,87%
Orgânico	39,57%

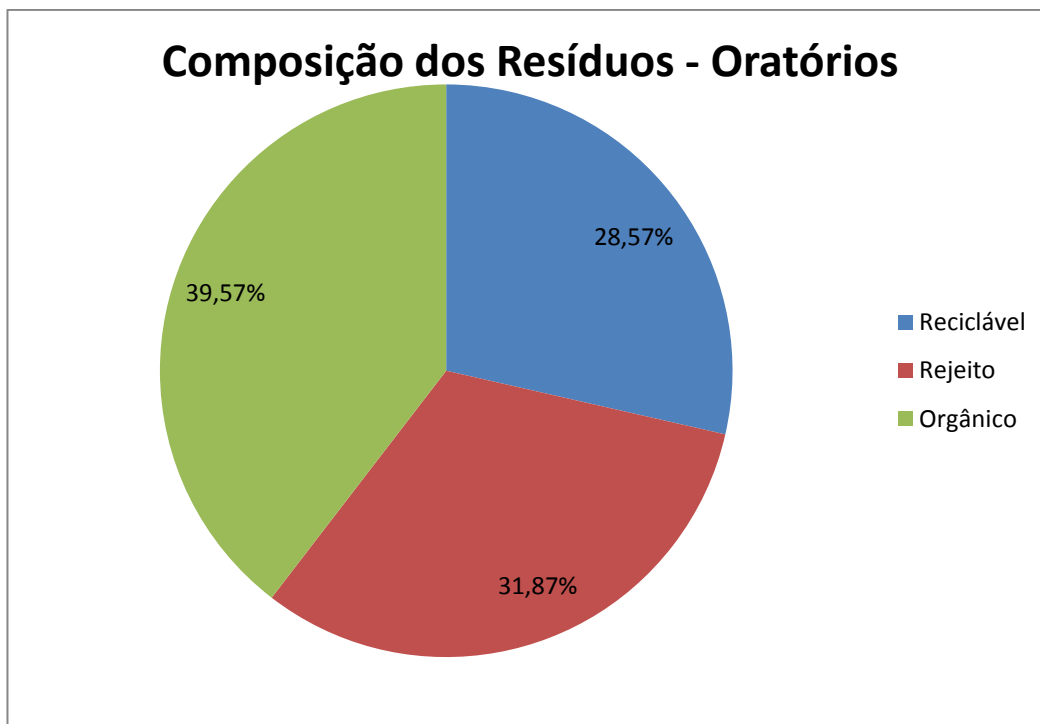
Fonte: Elaboração própria.

Figura 6 - Gráfico com a composição gravimétrica do estudo realizado em Oratórios (Média de 3 amostragens em janeiro de 2020)



Fonte: Elaboração própria.

Figura 7 - Gráfico com a composição dos materiais do estudo realizado em Oratórios



Fonte: Elaboração própria.

3.2. Municípios com População até 5.000 habitantes e IMRS Médio (>0,6 a 0,8)

Os estudos gravimétricos de RSU para representação do perfil de população de até 5.000 habitantes e IMRS médio foram realizados na área da UTC do município de Rio Doce. O local de realização dos estudos foi a UTC/Transbordo municipal que, apesar de contar com uma equipe de funcionários fixa e atuante. Da mesma forma como não acontece em Oratórios, o município não realiza coleta seletiva.

As figuras a seguir demonstram (Figura 8 a Figura 11) as diferentes etapas de realização do levantamento gravimétrico realizado em Rio Doce ocorridas nos dias 17 e 18 de março de 2020.

Figura 8 - Chegada dos RSD na UTC do Município de Rio Doce.



Figura 9 - Homogeneização e quarteamento em Rio Doce.



Figura 10 - Separação dos materiais.



Figura 11 - Pesagem e registro.



A Tabela 7 e Tabela 8 demonstram os resultados da gravimetria realizada no município de Rio Doce nos dias 17 e 18 de março de 2020.

Tabela 7 - Componentes presentes nos RSD das amostras obtidas em Rio Doce

Material	Representatividade amostral (%)
Papel	3,01%
Alumínio	0,28%
Fraldas	1,67%
Papelão	4,47%

Material	Representatividade amostral (%)
Plástico Mole/ Filme	7,86%
Plástico Duro	2,52%
PET	3,63%
Metais	0,91%
Vidro	4,49%
Embalagens TetraPark (Longavida)	0,90%
Eletrônicos, pilhas e baterias	0,18%
Madeira	0,93%
Isopor/ Espumas	0,88%
Materia Orgânica	30,59%
Tecidos	3,87%
Rejeitos/Outros	33,79%
TOTAL	100,00%

Fonte: Elaboração própria.

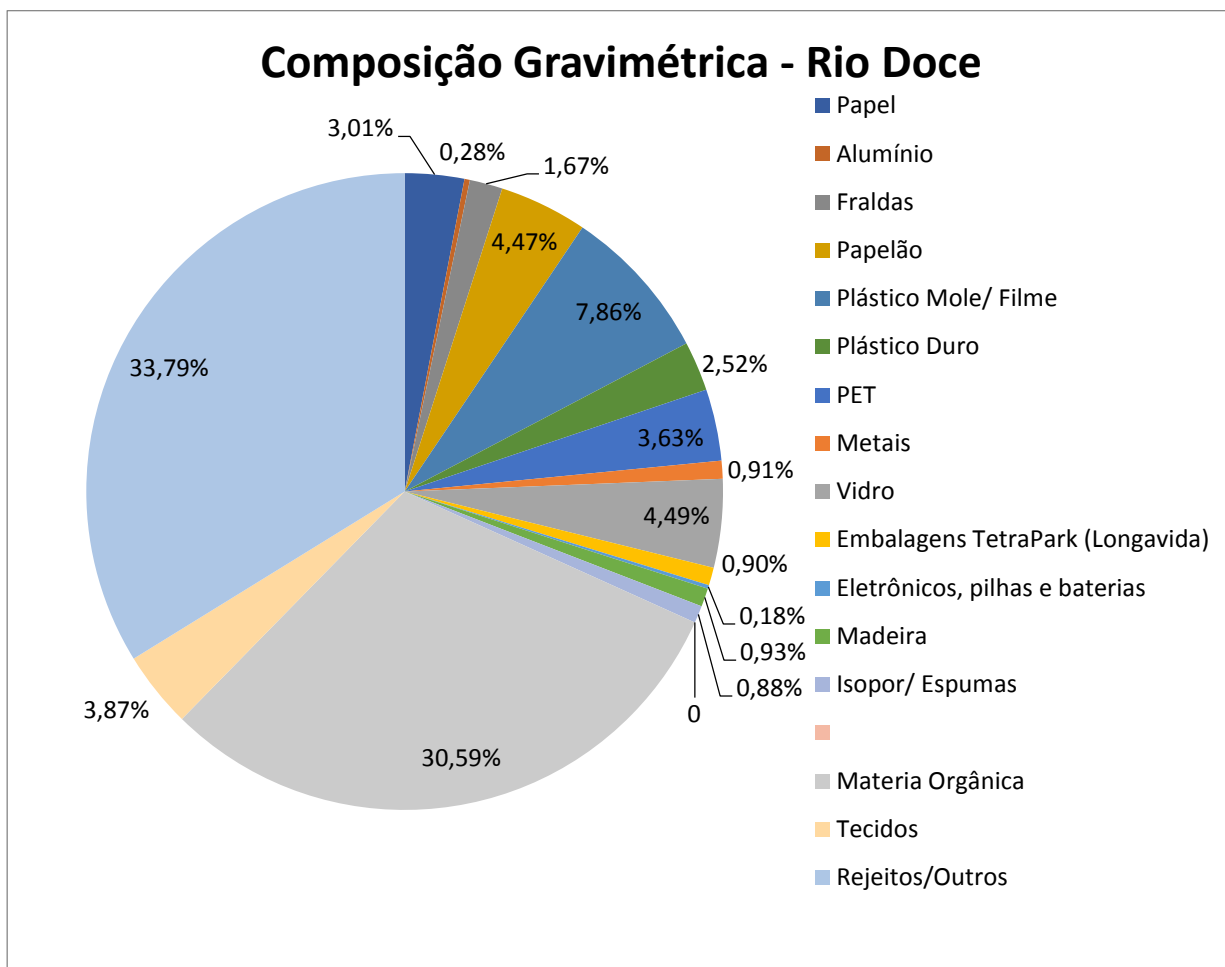
Tabela 8 - Composição gravimétrica dos RSD em termos de categorias de resíduos no Município de Rio Doce.

Composição do RSD	Representatividade amostral (%)
Reciclável	32,83%
Rejeito	35,65%
Orgânico	31,52%

Fonte: Elaboração própria.

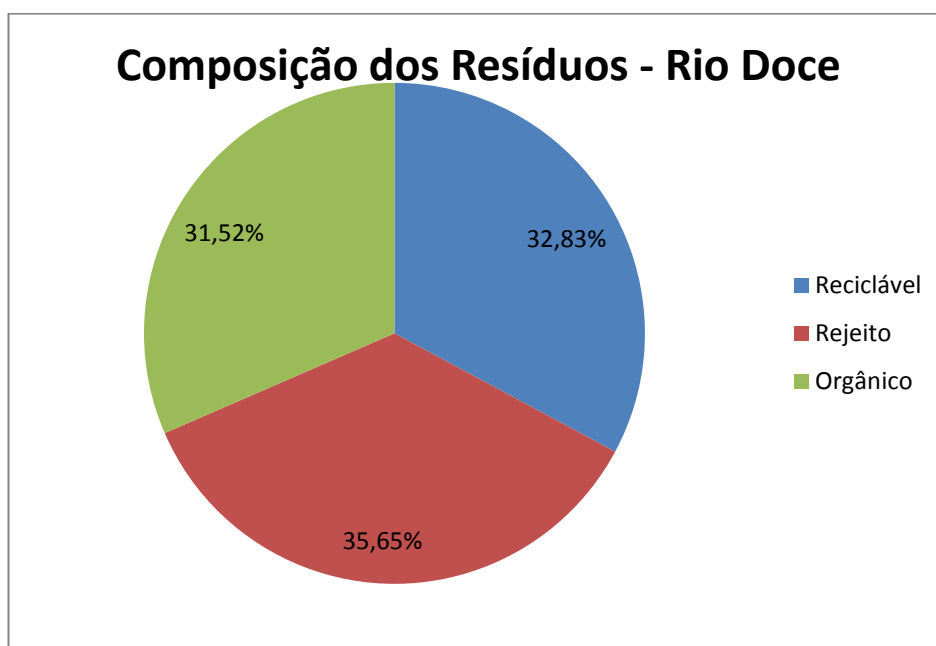
A Figura 12 e Figura 13 apresentam, respectivamente, os gráficos de composição percentual dos materiais e classificação geral destes resíduos em levantamentos feitos em março de 2020.

Figura 12 - Gráfico com a composição gravimétrica do estudo realizado em Rio doce



Fonte: Elaboração própria.

Figura 13 - Gráfico com a composição dos materiais do estudo realizado em Rio Doce.



Fonte: Elaboração própria.

3.3. Municípios com População Acima de 5.000 até 10.000 Habitantes e IMRS Médio (>0,6 a 0,8)

O Município de São José do Goiabal foi selecionado para a realização dos estudos gravimétricos no perfil de população acima de 5.000 e até 10.000 habitantes e IMRS médio, uma vez que a atuação da UTC municipal é uma das mais tradicionais e eficientes do estado, operando a unidade há mais de 15 anos, tendo inclusive já recebido recursos do ICMS Ecológico na categoria de saneamento ambiental, conforme estudo de Prado Filho e Sobreira (2007).

O local atualmente está bem estruturado, e inclusive com o apoio de uma carregadeira “bob cat” (Figura 14). No levantamento de Prado Filho e Sobreira (2007), a unidade empregava 11 funcionários e as condições da unidade era tida como regular, obtendo uma pontuação de 8,1 do índice da qualidade da unidade de compostagem (IQC) que varia de 0 a 10.

Figura 14 - Chegada do Material (RSD) à UTC de São José do Goiabal.



Figura 15 - Homogeneização e preparação para quarteamento do RSD a ser amostrado.

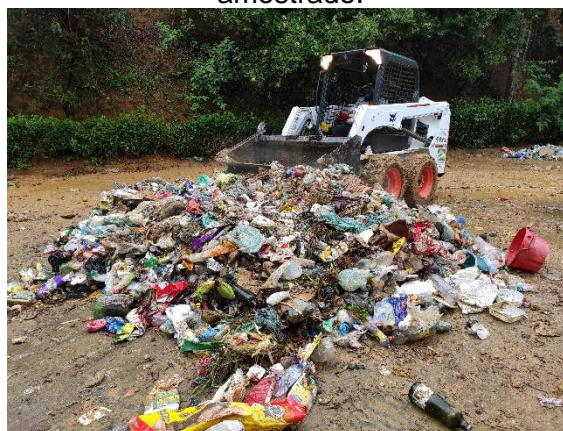


Figura 16 - Separação dos RSD.



Figura 17 - Identificação da amostra a ser pesada.



As tabelas a seguir demonstram os resultados da gravimetria realizada no município de Rio Doce nos dias 17 e 18 de março de 2020.

Tabela 9- Componentes presentes nas amostras de RSD obtidas em São José do Goiabal.

Material	Representatividade amostral (%)
Papel	1,00%
Alumínio	0,31%
Fraldas	7,15%
Papelão	6,43%
Plástico Mole/ Filme	7,37%
Plástico Duro	1,71%
PET	1,25%
Metais	0,65%
Vidro	4,56%
Embalagens TetraPark (Longavida)	0,88%
Eletrônicos, pilhas e baterias	0,19%
Madeira	0,00%
Isopor/ Espumas	0,34%
Poda/ Varrição	0,37%
Materia Orgânica	35,21%
Tecidos	4,09%
Rejeitos/Outros	28,47%
TOTAL	100,00%

Fonte: Elaboração própria.

Tabela 10 - Composição gravimétrica por categorias dos RSD no Município de São José do Goiabal.

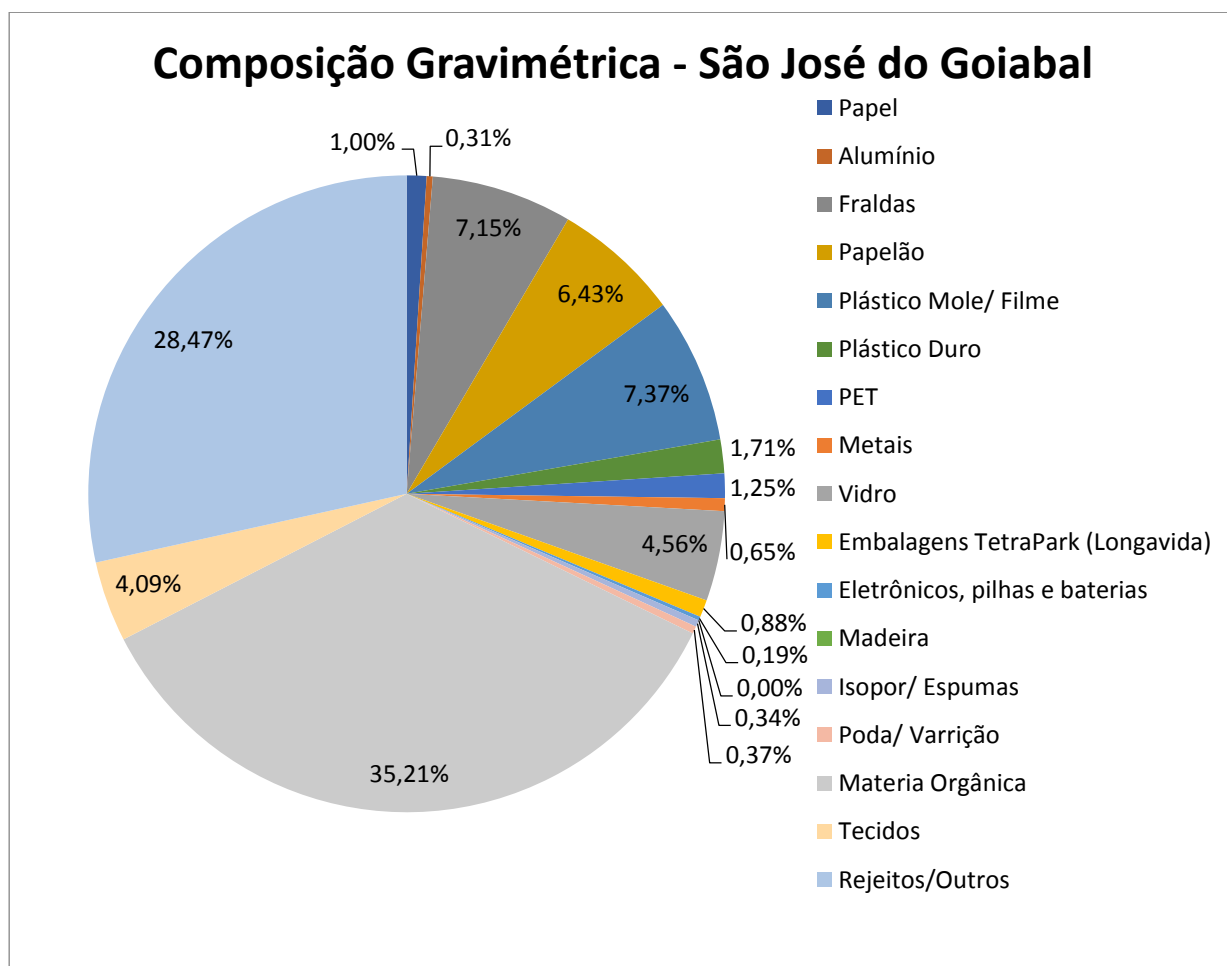
Composição do RSD	Representatividade amostral (%)
-------------------	---------------------------------

Composição do RSD	Representatividade amostral (%)
Reciclável	28,6%
Rejeito	36,2%
Orgânico	35,2%

Fonte: Elaboração própria.

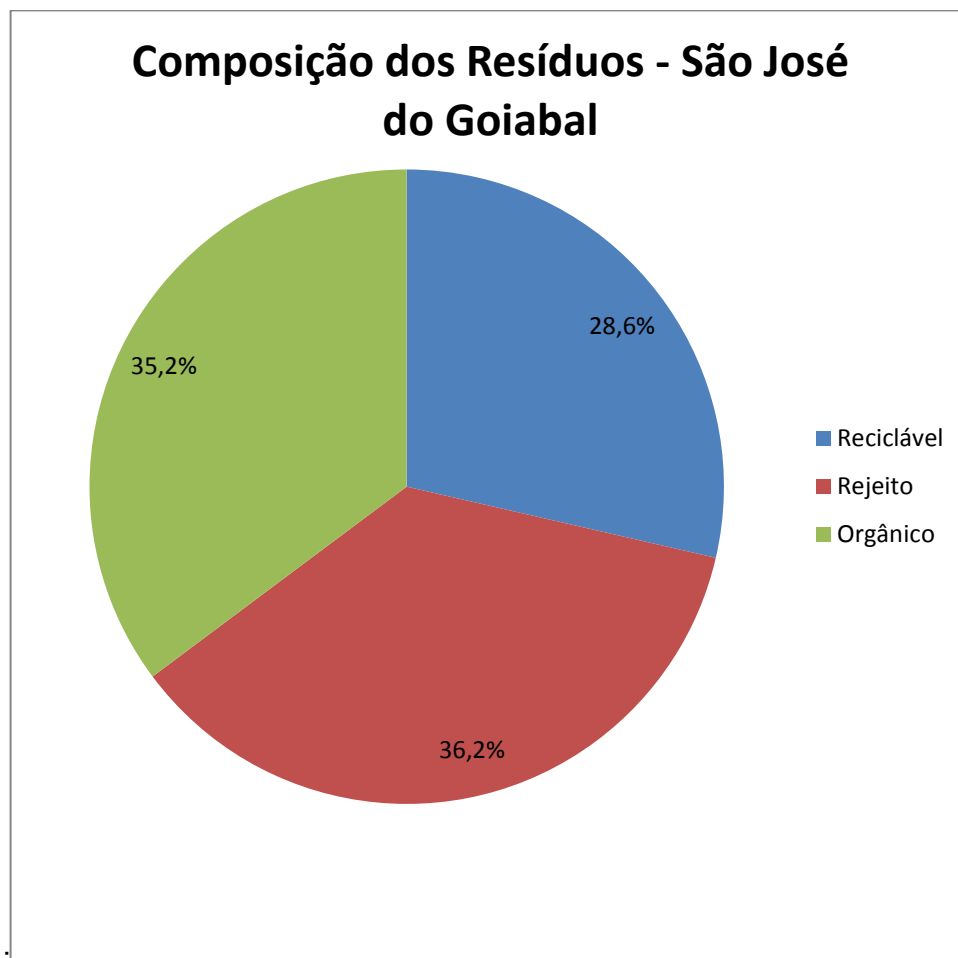
As Figuras 17 e 18 apresentam, respectivamente, os gráficos de composição percentual dos materiais e classificação geral destes resíduos em levantamentos feitos entre 19 e 23 de janeiro de 2020, em São José do Goiabal.

Figura 18 - Gráfico com a composição gravimétrica do estudo realizado em São José do Goiabal.



Fonte: Elaboração própria.

Figura 19 - Gráfico com a composição dos materiais do estudo realizado em São José do Goiabal.



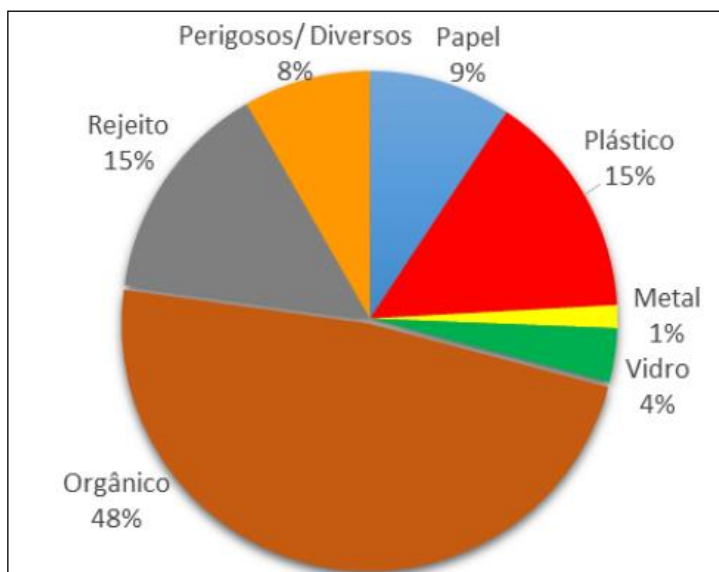
Fonte: Elaboração própria.

3.1. Municípios com População Acima de 20.000 e até 100.000 Habitantes e IMRS Médio (>0,6 a 0,8)

Para o município de Mariana, que representa o perfil de população acima de 20.000 e até 100.000 e IMRS Médio, foi utilizado o estudo gravimétrico realizado em 2019 como parte dos produtos do Plano de Gestão Integrada de Resíduos Sólidos Urbanos, contratado pela Fundação RENOVA. Apesar de serem dados secundários, considera-se que os mesmos são suficientemente atualizados para que se obtenha uma boa representação gravimétrica do perfil de município estudado.

Na Figura 20 a seguir está apresentada a composição de materiais presentes no RSU de Mariana, segundo dados do Plano Municipal de Resíduos Sólidos de Mariana (2019)

Figura 20 - Gráfico com a composição dos materiais do estudo realizado em Mariana.



Fonte: PMGIRS de Mariana (Mariana, 2019).

3.2. Demais Faixas Populacionais e IMRS

Conforme já apresentado, a execução plena dos estudos gravimétricos foi compulsoriamente adiada devido à intensa pluviosidade ocorrida dos primeiros meses do ano em curso, mas posteriormente tiveram que ser canceladas devido aos riscos associados à pandemia causada pelo COVID 19. Desta forma, para os perfis onde não há estudos de gravimetria disponíveis, foi adotada a composição gravimétrica indicada pelo Manual de Orientação de Planos Municipais de Resíduos Sólidos do Ministério do Meio Ambiente (2012). Estes dados são tradicionalmente utilizados em estudos e planos de resíduos e são fruto de um estudo realizado pelo órgão. A composição média adotada para estes municípios está apresentada na Tabela 11.

Tabela 11 - Composição gravimétrica geral média no Brasil.

Composição do RSD	Representatividade amostral (%)
Reciclável	29,60%
Rejeito	19,90%
Orgânico	50,50%

Fonte: MMA, 2012.

3.3. Composição Gravimétrica Média dos Resíduos Sólidos Domésticos dos Municípios Consorciados CIMVALPI

A Tabela 12 apresenta os resultados sumarizados das porcentagens de materiais recicláveis, rejeitos e orgânicos em cada faixa de avaliação de perfil de município consorciado CIMVALPI.

A partir da representatividade das populações de cada faixa, foi obtido o valor da média ponderada geral para o CIMVALPI, conforme a Tabela 13.

Tabela 12 - Composição média dos materiais recicláveis, rejeitos e orgânicos, de acordo com os perfis determinados.

Perfil	População	Representatividade	Composição de materiais	
			Material	Porcentagem
População até 5.000, IMRS baixo	28.958	4,33%	Reciclável	28,57%
			Rejeito	31,87%
			Orgânico	39,57%
População até 5.000, IMRS médio	22.745	3,40%	Reciclável	32,83%
			Rejeito	35,65%
			Orgânico	31,52%
População acima de 5.000 e até 10.000, IMRS baixo	41.532	6,21%	Reciclável	29,60%
			Rejeito	19,90%
			Orgânico	50,50%
População acima de 5.000 e até 10.000, IMRS médio	31.470	4,70%	Reciclável	28,60%
			Rejeito	35,80%
			Orgânico	35,60%
População acima de 10.000 e até 20.000, IMRS baixo	54.234	8,11%	Reciclável	29,60%
			Rejeito	19,90%
			Orgânico	50,50%
População acima de 10.000 e	62.903	9,40%	Reciclável	29,60%

Perfil	População	Representatividade	Composição de materiais	
			Material	Porcentagem
até 20.000, IMRS médio			Rejeito	19,90%
			Orgânico	50,50%
População acima de 20.000 e até 100.000, IMRS Médio	427.294	63,86%	Reciclável	29,10%
			Rejeito	22,90%
			Orgânico	48,00%

Fonte: Elaboração própria.

Tabela 13- Média calculada para o território do CIMVALPI com os resumos das representatividades dos tipos de materiais

Composição de materiais Resumida - Média	
Material	Representatividade amostral (%)
Reciclável	29,30%
Rejeito	23,62%
Orgânico	47,08%

Fonte: Elaboração própria.

4 Dados do potencial de destinação e disposição final dos RSU para o Estado de Minas Gerais

Com a finalidade de apresentar dados do potencial de destinação e disposição de RSU para o Estado de Minas Gerais, é apresentada a Tabela 14, de acordo com o documento “Caracterização gravimétrica dos resíduos sólidos urbanos do Estado de Minas Gerais”, Volume 2, Composição Gravimétrica, publicado em 2017 com dados coletados em 2015 (FEAM, 2017).

Tabela 14 - Variação (mediana corrigida) do potencial de destinação e disposição final dos RSU (%) por faixa de população urbana

POPULAÇÃO URBANA	COMPOSTÁVEIS (%)	REICLÁVEIS (%)	REAPROVEITÁVEIS (%)	REJEITOS (%)
ATÉ 2000	41,14	31,21	8,45	19,19
2001 A 5000	47,53	31,08	5,79	15,61
5001 A 10000	49,84	33,88	4,79	11,99
10001 A 20000	53,70	32,01	2,85	11,44
20001 A 50000	51,95	31,99	4,32	11,74
50001 A 100000	45,73	37,86	5,51	10,91

Apesar das diferenças de metodologias aplicadas entre este estudo e o dado da FEAM, é possível observar uma variação dos resultados de acordo com os dados estaduais. Os dados primários do PIGIRS/ CIMVALPI indicam faixas de compostáveis próximas, com porcentagens menores quantitativos de recicláveis e maiores de rejeitos.

Conforme explicitado são esperadas variações entre estudos de gravimetria, considerando as diferenças metodológicas e tratamento dos dados. Os resultados da FEAM são para um universo amostral maior, levando em conta maiores quantidades de municípios em diferentes faixas populacionais e em períodos do ano diferentes dos aplicados neste estudo, que é pontual e direcionado aos municípios integrantes do CIMVALPI.

5 Discussão dos Resultados

Os resultados dos estudos gravimétricos dos RSU apresentados nesse documento são ponto de partida fundamental para as tomadas de decisão a respeito das formas de manejo, dimensionamentos de infraestrutura e ações de educação para reciclagem, coleta seletiva e de conscientização da população sobre as necessidades de redução de geração e das possibilidades de reciclagem de materiais.

Neste contexto, os dados obtidos são fundamentais para dar suporte à atuação das associações e cooperativa de catadores presentes no território CIMVALPI e eventualmente servir de base para a organização e criação de outras associações com esses propósitos que por ventura se interessarem em assumir e trabalhar com vistas a geração de renda e criação de postos de trabalho voltados para a reciclagem de materiais .

Foi observado que os municípios de menor porte populacional, a faixa dos materiais orgânicos está em torno de 35,5%, enquanto o resultado obtido para Mariana mostra 48,00%, que está bem próximo da média nacional conforme o MMA (2012), que é de 50,50%.

Já a faixa dos recicláveis se manteve estável, entre 28,57% e 29,10%, muito próximo da faixa do MMA (2012), que é de 29,60%. Estes valores devem ser considerados como ponto de partida para dimensionamento de estruturas e de possibilidades da implantação de opções da reciclagem.

Por outro lado, a quantidade de rejeitos observada varia entre 31,87% e 35,65%, enquanto Mariana apresenta 22,90%. Estes resultados estão acima dos 19,90% indicados no MMA (2012). Esta variação pode indicar que há significativa porcentagem de materiais recicláveis misturados com o resíduo obtido na coleta, demonstrando a necessidade de implantação de iniciativas eficazes de educação e conscientização da população para com os cuidados com os resíduos gerados nas residências, no sentido de realizar a correta segregação e na geração dos materiais.

Tais dados indicam a necessidade da integração de objetivos entre a população dos municípios do CIMVALPI, o poder público e eventualmente as empresas e outros interessados envolvidos nos processos de geração, recolhimento, reciclagem e destinação de resíduos sólidos.

6 Referencias Bibliográficas

FEAM – FUNDAÇÃO ESTADUAL DO MEIO AMBIENTE. **Caracterização gravimétrica dos resíduos sólidos urbanos do Estado de Minas Gerais**. Vol 2- Composição Gravimétrica. Belo Horizonte: FEAM, 2017. 27p.

FEAM – FUNDAÇÃO ESTADUAL DO MEIO AMBIENTE. Estudo Gravimétrico de Resíduos Sólidos Urbanos: FEAM, 2019. 28 p. Disponível em: < http://www.feam.br/images/stories/2019/MINAS_SEM_LIXOES/Bolsa_reciclagem/maio/Cartilha_Estudo_Gravim%C3%A9trico.pdf >. Acesso em 10/11/2019.

FERREIRA, Cyntia Fantoni Alves. *et al.* Diagnóstico dos aspectos relacionados à gestão integrada dos resíduos sólidos urbanos nos arranjos territoriais ótimos em minas gerais. Associação de Engenharia Sanitária e Ambiental (ABES). In. XII Simpósio Ítalo–Brasileiro de Engenharia Sanitária e Ambiental (SIBESA), 2014.

MINISTÉRIO DO MEIO AMBIENTE (MMA). **Planos de Gestão de Resíduos Sólidos: manual de orientação**. Brasília, 2012. 157p.

Plano Municipal de Resíduos Sólidos - **Análise Gravimétrica dos Resíduos Sólidos Urbanos Gerados no Município De Mariana**: Mariana, 2019. 18p.

PRADO FILHO, J. F. P. e SOBREIRA, F. G. Desempenho operacional e ambiental de unidades de reciclagem e disposição final de resíduos sólidos domésticos financiadas pelo ICMS Ecológico de Minas Gerais. **Eng. Sanit. Ambient.** vol.12 no.1 Rio de Janeiro Jan./Mar. 2007, p. 52-61

SIQUEIRA, H.E.; SOUZA, A.D.; BARRETO, A.C.; ABDALA, V.L. (2016) Composição gravimétrica dos resíduos sólidos urbanos na cidade de Nova Ponte (MG). Revista DAE, v. 64, p. 39-52. <http://doi.editoracubo.com.br/10.4322/dae.2014.152>

ANEXO I – Registros fotográficos

Estudo Gravimétrico 01 – Oratórios

- Data: 09/01/2020

Local: UTC desativada do Município de Oratórios.

Figura 01 – Materiais utilizados nos Ensaios Gravimétricos.



Figura 02 – Caminhão com os resíduos para o ensaio gravimétrico.



Figura 03 – Caminhão descarregando os resíduos.



Figura 04 – Caminhão descarregando os resíduos.



Figura 05 – Resíduos para o ensaio gravimétrico.

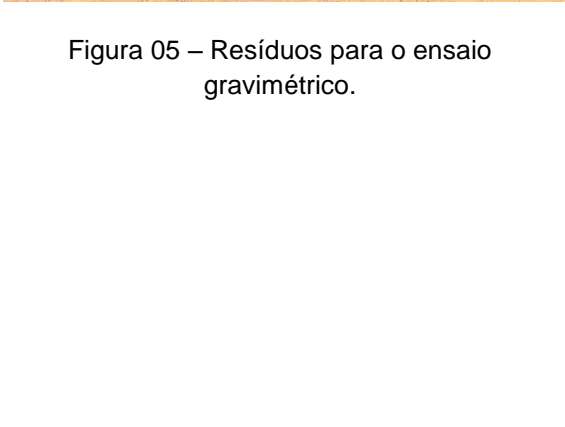


Figura 06 – Abertura das sacolas com resíduos.

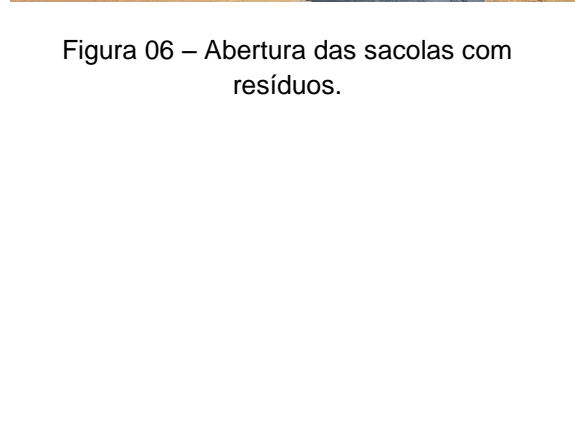




Figura 07– Resíduos sendo homogeneizados.



Figura 08 – Resíduos sendo homogeneizados.



Figura 09 – Resíduos homogeneizados



Figura 10 – Quarteamento das amostras.



Figura 11 – Quarteamento das amostras.



Figura 12 – Quarteamento das amostras.



Figura 13 – Descarte das amostras opostas.



Figura 14 – Descarte das amostras opostas.



Figura 15 – Descarte das amostras opostas.



Figura 16 – Descarte das amostras opostas.



Figura 17 – Amostras preservadas no ensaio.



Figura 18 – Amostras preservadas no ensaio.



Figura 19 – Pesando o tambor vazio.



Figura 20 – Amostras finais sendo colocadas no tambor para pesagem.



Figura 21 – Amostras finais sendo colocadas no tambor para pesagem.



Figura 22 – Amostras finais sendo colocadas no tambor para pesagem.



Figura 23 – Pesando os tambores.



Figura 24 – Pesando os tambores.



Figura 25 – Resíduos dos tambores despejados na esteira para triagem dos resíduos.



Figura 26 – Resíduos amostrais.



Figura 27 – triagem dos resíduos.



Figura 28 – Resíduos sendo colocados nos sacos de acordo com o tipo.



Estudo Gravimétrico 01 – Oratórios

- Data: 14/01/2020

Local: UTC desativada do Município de Oratórios.

Figura 01 – Abertura das sacolas de resíduos.



Figura 02 – Resíduos após a abertura das sacolas.



Figura 03 – Resíduos sendo homogeneizados.



Figura 04 – Resíduos sendo homogeneizados



Figura 05 – Resíduos sendo homogeneizados



Figura 06 – Resíduos sendo homogeneizados



Figura 07 – Quarteamento das amostras.



Figura 08 – Quarteamento das amostras



Figura 09 – Quarteamento das amostras.



Figura 10 – Resíduos sendo descartados da amostragem.



Figura 11 – Resíduos sendo descartados da amostragem



Figura 12 – Descarte das amostras opostas.



Figura 13 – Descarte das amostras opostas.



Figura 14 – Descarte das amostras opostas.



Figura 15 – Amostras preservadas.



Figura 16 – Amostras preservadas.



Figura 17 – Amostras preservadas.



Figura 18 – Amostras preservadas..



Figura 19 – Enchendo os tambores para pesagem.



Figura 21 – Separação dos resíduos.



Figura 20 – Resíduos sendo despejados na esteira para segregação de acordo com os tipos de resíduos.



Figura 22 – Resíduos separados por tipo.



Figura 23 – Pesagem do material segregado.



Figura 24 – Pesagem do material segregado.



Estudo Gravimétrico 01 – Oratórios

- Data: 18/01/2020
Local: UTC desativada do Município de Oratórios.

Figura 01 – Abertura das sacolas de resíduos. Figura 02 – Abertura das sacolas de resíduos.



Figura 03 – Resíduos sendo
homogeneizados.

Figura 04 – Resíduos sendo
homogeneizados.



Figura 05 – Quarteamento das amostras.

Figura 06 – Quarteamento das amostras.



Figura 07 – Descarte das partes opostas.



Figura 08 – Descarte das partes opostas.



Figura 09– Amostras preservadas.



Figura 10 – Amostras preservadas.



Figura 11 – Amostra preservada.



Figura 12 – Resíduos da amostragem final nos tambores.



Figura 13 – Resíduos descartados no ensaio, sendo levados para a área de transbordo.



Figura 14 – Pesagem dos tambores com os resíduos.



Figura 15 – Tambor sendo despejado para triagem dos resíduos.



Figura 16 – Segregação dos resíduos.



Figura 17 – Resíduo separados de acordo com a tipologia



Figura 18 – Pesagem dos resíduos de acordo com a tipologia.



Estudo Gravimétrico 02 – São José do Goiabal

- Data: 21/01/2020
Local: UTC de São José do Goiabal

Figura 01 – Veículos com os resíduos do ensaio gravimétrico.



Figura 02 – Resíduos para amostragem.



Figura 03 – Resíduos sendo homogeneizados.



Figura 04 – Resíduos sendo homogeneizados.



Figura 05 – Resíduos sendo homogeneizados.



Figura 06 – Resíduos sendo homogeneizados.

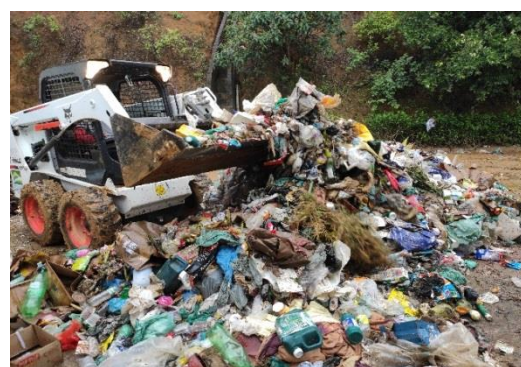


Figura 07 – Quarteamento das amostras.



Figura 08 – Quarteamento das amostras



Figura 09 – Quarteamento das amostras



Figura 10 – Quarteamento das amostras



Figura 11 – Descarte das partes opostas.



Figura 12 – Descarte das partes opostas



Figura 13 – Resíduos sendo descartados da amostragem.



Figura 14 – Resíduos sendo descartados da amostragem



Figura 15– Descarte das partes opostas



Figura 16 – Parte preservada da amostragem.



Figura 17 – Partes preservadas na amostragem.



Figura 18 – Partes preservadas na amostragem.

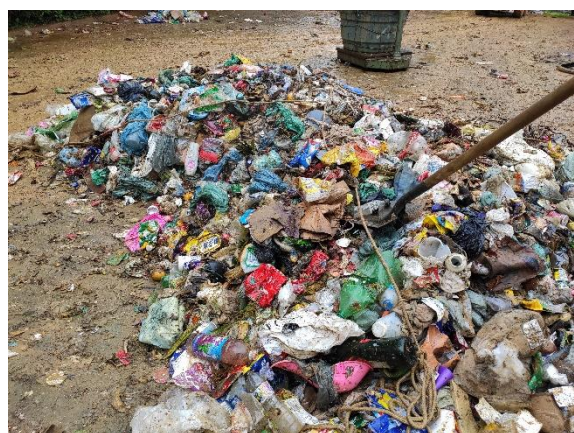


Figura 19 – Enchendo os tambores de resíduos para pesagem e triagem



Figura 20 – Pesagem dos tambores.



Figura 21 – Tambor com os resíduos para triagem.

Figura 22 – Despejando os resíduos do tambor para triagem um de cada vez.



Figura 23 – Despejando os resíduos do tambor para triagem um de cada vez.

Figura 24 – Triagem dos resíduos, tambor por tambor.



Figura 25 – Triagem dos resíduos, tambor por tambor.



Figura 26 – Pesagem dos resíduos segregados.



Figura 27 – Pesagem dos resíduos triados.



Figura 28 – Resíduos separados por tipologia.



Estudo Gravimétrico 01 – São José do Goiabal

- Data: 23/01/2020
Local: UTC de São José do Goiabal

Figura 01 – Caminhão de coleta descarregando os resíduos para amostragem.



Figura 02 – Resíduos para amostragem.



Figura 03 – Resíduos sendo pesados para iniciar o ensaio gravimétrico.



Figura 04 – Resíduos sendo pesados para iniciar o ensaio gravimétrico.



Figura 05 – Abertura das sacolas com os resíduos.

Figura 06 – Abertura das sacolas com os resíduos.



Figura 07– Resíduos sendo homogeneizados.



Figura 08 – Resíduos sendo homogeneizados.



Figura 09 – Quarteamento das amostras.



Figura 10 – Quarteamento das amostras.

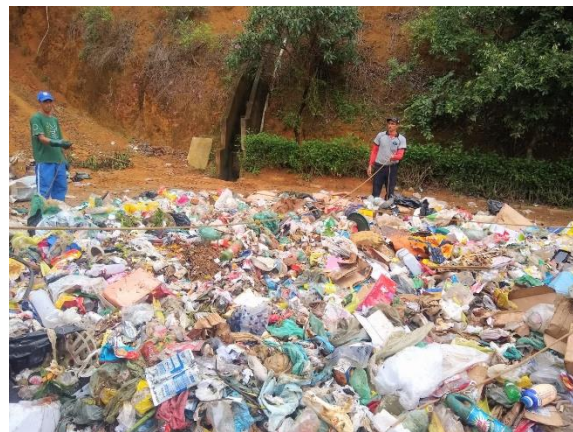


Figura 11 – Quarteamento das amostras.



Figura 12 – Quarteamento das amostras.



Figura 13 – Resíduos descartados da amostragem.



Figura 14 – Resíduos descartados da amostragem.



Figura 15 – Resíduos descartados da amostragem.



Figura 16 – Resíduos descartados da amostragem.



Figura 17 – Amostras preservadas.



Figura 18 – Amostras preservadas.



Figura 19 – Amostras preservadas.



Figura 20 – Enchendo os tambores dos resíduos para pesagem e triagem.



Figura 21 – Enchendo os tambores dos resíduos para pesagem e triagem.



Figura 22 – Enchendo os tambores dos resíduos para pesagem e triagem.



Figura 23 – Pesagem dos resíduos.



Figura 24 – Resíduos despejados na esteira para triagem.



Figura 25 – Triagem dos resíduos.



Figura 26 – Triagem dos resíduos.



Figura 27 – Resíduos sendo pesados após a triagem.



Figura 28 – Triagem dos resíduos.



Estudo Gravimétrico 03 – Rio Doce

Data: 18/03/2020

Local: UTC do Município de Rio Doce.

Figura 01 – Resíduos utilizados para amostragem.



Figura 02 – Abertura das sacolas com resíduos.



Figura 03 – Abertura das sacolas com resíduos.



Figura 04 – Abertura das sacolas com resíduos.



Figura 05 – Abertura das sacolas com resíduos.



Figura 06 – Abertura das sacolas com resíduos.



Figura 07 – Resíduos sendo homogeneizados



Figura 08 – Quarteamento das amostras.



Figura 09 – Quarteamento das amostras.



Figura 10 – Quarteamento das amostras.



Figura 11 – Quarteamento das amostras.



Figura 12 – Quarteamento das amostras.



Figura 13 – Quarteamento das amostras.



Figura 14 – Resíduos sendo descartados da amostragem.



Figura 15 – Resíduos sendo descartados da amostragem.



Figura 16 – Resíduos sendo descartados da amostragem.



Figura 17 – Resíduos sendo descartados da amostragem.



Figura 18 – Amostras preservadas.



Figura 19 – Amostras preservadas.



Figura 20 – Amostras finais sendo colocadas no tambores para pesagem e triagem.



Figura 21 – Amostras finais sendo colocadas no tambores para pesagem e triagem.



Figura 22 – Amostras finais sendo colocadas no tambores para pesagem e triagem.



Figura 23 – Amostras finais sendo colocadas no tambores para pesagem e triagem.



Figura 24 – Pesagem dos tambores.



Figura 25 – Pesagem dos tambores.



Figura 26 – Pesagem dos tambores.



Figura 27 – Pesagem dos tambores.



Figura 28 – Pesagem dos tambores.



Figura 29 – Triagem dos resíduos dos tambores.



Figura 30 – Triagem dos resíduos dos tambores.



Figura 31 – Triagem dos resíduos dos tambores.



Figura 32 – Triagem dos resíduos dos tambores.



Figura 33 – Triagem dos resíduos dos tambores.



Figura 34 – Pesagem dos resíduos por tipologia.



Figura 35 – Pesagem dos resíduos por tipologia.



Figura 36 – Pesagem dos resíduos por tipologia.



Estudo Gravimétrico 03 – Rio Doce

- Data: 19/03/2020
Local: UTC do Município de Rio Doce.

Figura 01 – Caminhão descarregando os resíduos para o ensaio gravimétrico.



Figura 02 – Abertura das sacolas com os resíduos.



Figura 03 – Resíduos sendo homogeneizados.



Figura 04 – Quarteamento das amostras.



Figura 05 – Quarteamento das amostras.



Figura 06 – Resíduos sendo descartados do ensaio.



Figura 07 – Amostras preservadas.



Figura 08 – Amostras preservadas.



Figura 09 – Enchendo os tambores para pesagem e triagem.



Figura 10 – Tambores cheios de resíduos.



Figura 11 – Pesagem dos resíduos.



Figura 12 – Pesagem dos resíduos.



Figura 13 – Triagem dos resíduos.



Figura 14 – Triagem dos resíduos.



Figura 15 – Triagem dos resíduos.



Figura 16 – Triagem dos resíduos.



Figura 17 – Triagem dos resíduos.



Figura 18 – Triagem dos resíduos.



Figura 19 – Triagem dos resíduos.



Figura 20 – Resíduos triados.



Figura 21 – Pesagem dos resíduos triados.



Figura 22 – Pesagem dos resíduos triados.



Figura 23 – Pesagem dos resíduos triados.



Figura 24 – Pesagem dos resíduos triados.

