



**UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA
“JÚLIO DE MESQUITA FILHO”**

Campus Presidente Prudente

LETÍCIA VIEIRA SANTOS

Gravimetria dos resíduos sólidos urbanos nos municípios do Consórcio Intermunicipal de Resíduos Sólidos do Oeste Paulista – CIRSOP: análise dos resultados e proposição de recomendações para gestão e gerenciamento dos resíduos sólidos urbanos

Presidente Prudente

2024

Letícia Vieira Santos

Gravimetria dos resíduos sólidos urbanos nos municípios do Consórcio Intermunicipal de Resíduos Sólidos do Oeste Paulista – CIRSOP: análise dos resultados e proposição de recomendações para gestão e gerenciamento dos resíduos sólidos urbanos

Trabalho apresentado ao curso de Engenharia Ambiental como requisito para obtenção do título de Engenheiro Ambiental pela Faculdade de Ciências e Tecnologia da Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho”.

Orientador: Prof. Dr. Antônio Cezar Leal

Co-orientadora: Prof. Dra. Maria Cristina Rizk

Presidente Prudente

2024

S237g Santos, Leticia Vieira

Gravimetria dos Resíduos Sólidos Urbanos nos municípios do Consórcio Intermunicipal de Resíduos Sólidos do Oeste Paulista : análise dos resultados e proposição de recomendações para gestão e gerenciamento dos resíduos sólidos urbanos / Leticia Vieira Santos. -- Presidente Prudente, 2025

69 f.

Trabalho de conclusão de curso (Bacharelado - Engenharia Ambiental) - Universidade Estadual Paulista (UNESP), Faculdade de Ciências e Tecnologia, Presidente Prudente

Orientador: Antonio Cezar Leal

Coorientadora: Maria Cristina Rizk

1. Resíduos sólidos. 2. Gravimetria. 3. Gerenciamento de resíduos. I. Título.

TERMO DE APROVAÇÃO

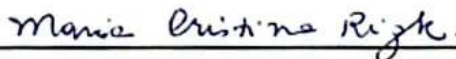
Letícia Vieira Santos

"Gravimetria dos Resíduos Sólidos Urbanos nos municípios do Consórcio Intermunicipal de Resíduos Sólidos do Oeste Paulista – CIRSOP: análise dos resultados e proposição de recomendações para gestão e gerenciamento dos resíduos sólidos urbanos".

Trabalho de graduação aprovado como um dos requisitos parciais para a obtenção do título de Engenheiro(a) Ambiental da Universidade Estadual Paulista "Júlio de Mesquita Filho" – Faculdade de Ciências e Tecnologia, câmpus de Presidente Prudente – SP, pela seguinte banca examinadora:



Prof. Dr. Antonio Cezar Leal (Orientador)



Profª. Drª. Maria Cristina Rizk (Co-orientadora)



Eng. Gilson Adriano Bento Pereira



Eng. Mateus Martins Godoi

Presidente Prudente, 13 de dezembro de 2024.

AGRADECIMENTOS

Agradeço aos meus familiares Francilene Vieira, Elói de Oliveira, Lucas Vieira, Solidade Vicente e Joana de Oliveira, bem como as minhas amigas Emanuelle Araújo, Ellen Cremasco, Amanda Rodrigues e Roberta Bueno, e ao meu namorado Gabriel Marin, pelo apoio constante durante a minha jornada na graduação.

Agradeço ao Prof. Dr. Antônio Cezar Leal pela oportunidade e aprendizados durante o período de estágio e à Prof. Dr. Maria Cristina Rizk pelo apoio e atenção com o trabalho realizado.

Ao CIRSOP agradeço pela oportunidade de estágio, pela disponibilização de informações e pelo incentivo à realização deste e de outros estudos sobre os resíduos sólidos urbanos.

Aos membros da banca avaliadora, Mateus Godoi e Gilson Pereira, agradeço a atenção com o presente trabalho, as contribuições e apoio durante o período de estágio não obrigatório.

Estendo a minha gratidão a todos os professores, estudantes, trabalhadores, funcionários das Prefeituras Municipais, cooperados e demais pessoas que participaram do estudo gravimétrico, possibilitando a obtenção dos resultados analisados no presente trabalho.

RESUMO

Os resíduos sólidos urbanos são gerados diariamente e precisam ter uma destinação final ambientalmente adequada, sob responsabilidade do poder público. A sua destinação final para aterro sanitário deve ocorrer somente quando as etapas de tratamento dos resíduos, como reciclagem e compostagem, foram cessadas e este for categorizado como rejeito. Para atingir esse objetivo, o estabelecimento de parcerias municipais tem destaque para buscar novas soluções e diminuição de custos para os municípios através de consórcios. Nesse contexto, o Consórcio Intermunicipal de Resíduos Sólidos do Oeste Paulista (CIRSOP) promove ações conjuntas para gestão de resíduos, como o planejamento através do Plano Intermunicipal de Gestão Integrada de Resíduos Sólidos (PIGIRS). Durante a elaboração do PIGIRS foi considerada necessária a realização de gravimetria, ou seja, a identificação da composição dos resíduos sólidos urbanos gerados nos municípios consorciados para buscar soluções adequadas para seu tratamento. Com isso, o objetivo do presente trabalho foi analisar os resultados da gravimetria e propor ações para o gerenciamento dos resíduos sólidos nos municípios consorciados. Para tal, foram analisadas anotações e registros realizados pela equipe de realização da gravimetria, informações dos Relatórios de Gravimetria dos RSU disponibilizados pelo CIRSOP e leitura de legislações pertinentes ao gerenciamento de resíduos sólidos. Ao analisar os resultados, tem-se que, em média, 58% dos resíduos destinados aos aterros são matéria orgânica, 11,12% rejeitos, 25,05% de materiais recicláveis secos e 5,49% de outros materiais não incluídos nas categorias anteriores. Isso indica que a maior parte dos resíduos são passíveis de tratamento, incluindo os materiais recicláveis, e que o enfoque deve incluir também o aproveitamento da matéria orgânica. Nos municípios com coleta seletiva, a quantidade de recicláveis aterrados é menor, mostrando sua contribuição para a diminuição dos rejeitos, ainda que possa ser melhorada. Ademais, com a escolha do tratamento dos resíduos e concessão dos serviços de manejo dos resíduos sólidos na maior parte dos municípios consorciados, tem-se o estabelecimento de metas pelo PIGIRS e pelo projeto de concessão dos serviços de manejo, previsto a partir de 2025. É recomendado a continuidade dos estudos gravimétricos nos municípios consorciados, mantendo-se a metodologia empregada, para comparação dos resultados, podendo ocorrer também a gravimetria dos rejeitos destinados ao aterro, de materiais da coleta seletiva e de rejeitos das cooperativas de catadores, para acompanhar de forma qualitativa e quantitativa a consecução das metas do PIGIRS e proporcionar a melhoria da gestão e do gerenciamento de resíduos sólidos nos municípios, não somente no CIRSOP mas nos municípios brasileiros.

Palavras-chave: Resíduos sólidos; Gravimetria; Gerenciamento de resíduos sólidos

ABSTRACT

Urban solid waste is generated daily and must have an environmentally appropriate final destination, which is the government's responsibility. Its destination in a sanitary landfill should only occur when the waste treatment stages, such as recycling and composting, have ceased and the waste is categorized as reject. To achieve this goal, establishing municipal partnerships is highlighted to seek new solutions and reduce costs for municipalities through consortia. In this context, Intermunicipal Solid Waste Consortium of Western São Paulo (CIRSOP) promotes joint actions for waste management, such as planning through the Intermunicipal Plan for Integrated Solid Waste Management (PIGIRS). During the preparation of PIGIRS, it was considered necessary to perform gravimetry, that is, identifying the composition of urban solid waste generated in the consortium municipalities to seek appropriate solutions for its treatment. Therefore, the objective of this study was to analyze the results of the gravimetry and propose actions for the management of solid waste in the consortium municipalities. To this end, notes and records made by the gravimetry team, information from the Relatório de Gravimetria dos RSU made available by CIRSOP, and reading of legislation pertinent to solid waste management were analyzed. When analyzing the results, it was found that, on average, 58% of the waste destined for landfills is organic matter, 11.12% is reject, 25.05% is dry recyclable materials, and 5.49% is other materials not included in the previous categories. This indicates that a significant portion of waste is treatable, including recyclable materials, and that the focus should also include organic matter utilization. In municipalities with selective collection, the amount of recyclable materials landfilled is smaller, showing its contribution to reducing rejects, although it can be improved. Furthermore, with the choice of waste treatment and concession of solid waste management services in the most of the consortium municipalities, goals have been established by PIGIRS and by the project for the concession of management services, scheduled to start in 2025. It is recommended that gravimetric studies continue in the consortium municipalities, maintaining the methodology used, to compare the results. Gravimetry of waste destined for landfill, selective collection materials and waste from waste picker cooperatives may also occur, to qualitatively and quantitatively monitor the achievement of PIGIRS goals and provide improved management and management of solid waste in the municipalities, not only in CIRSOP but in Brazilian municipalities.

Key-words: Solid waste; Gravimetry; Solid waste management.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 - Pontos de retirada de amostras de montes ou pilhas de resíduo	24
Figura 2 - Composição Gravimétrica Nacional	26
Figura 3 - Gravimetria final da cidade de Manaus - AM.....	27
Figura 4 - Composição gravimétrica dos resíduos sólidos urbanos em Jaú – SP	28
Figura 5 - População dos municípios integrantes do CIRSOP	30
Figura 6 - Mapa de localização dos municípios integrantes do CIRSOP	31
Figura 7 - Municípios da área de estudos e projetos socioambientais – FCT/Unesp ..	32
Figura 8 - Localização dos aterros controlados, unidades de transbordo e aterros sanitários utilizados pelos municípios consorciados em 2019.....	34
Figura 9 - Localização dos aterros e transbordos utilizados pelos municípios do CIRSOP em 2024	36
Figura 10 - Projeção de desvio de resíduos do aterro no Projeto FEP/CAIXA de concessão do serviço de manejo dos RSU	43
Figura 11 - Metodologia de Gravimetria com um caminhão	46
Figura 12 - Metodologia da Gravimetria realizada com mais de um caminhão	47
Figura 13 – Exemplo de separação por tipologia de resíduos no município de Iepê: (a) Embalagens Multicamada e (b) Alumínio	47
Figura 14 - Etiquetas de identificação de plástico	50
Figura 15 - Mapa com locais de realização das gravimetrias	54
Figura 16 - Composição gravimétrica CIRSOP 2024 e BRASIL (2022).....	56
Figura 17 - Quarteamento dos resíduos no município de Iepê.....	58
Figura 18 - Tipologias de plástico nas gravimetrias.....	59
Figura 19 - Gráfico da composição gravimétrica de Iepê	59
Figura 20 - Gráfico da composição gravimétrica de Alfredo Marcondes.....	60
Figura 21 - Gráfico da composição gravimétrica de Álvares Machado.....	60

LISTA DE QUADROS

Quadro 1 – Comparativo do número de unidades de transbordo e aterros controlados utilizados pelos municípios do CIRSOP em 2020 e 2024	35
Quadro 2 - Gestão dos RSU nos municípios consorciados ao CIRSOP	38
Quadro 3 - Tipologia de resíduos segregados na gravimetria	48
Quadro 4 - Informações Gerais sobre a Gravimetria.....	53

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Dados dos municípios do CIRSOP	30
Tabela 2 - Geração de RSU nos municípios do CIRSOP	33
Tabela 3 - Estimativas da rota referencial do tratamento de resíduos no Projeto FEP/CAIXA.....	42
Tabela 4 - Média da composição gravimetria dos RSU do CIRSOP	55
Tabela 5 - Tipologias de Plástico nas Gravimetrias	57

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

ABNT	Associação Brasileira de Normas Técnicas
ABREMA	Associação Brasileira de Resíduos e Meio Ambiente
CIRSOP	Consórcio Intermunicipal de Resíduos Sólidos do Oeste Paulista
PIGIRS	Plano Intermunicipal de Gestão Integrada de Resíduos Sólidos
PMGIRS	Plano Municipal de Gestão Integrada de Resíduos Sólidos
PNRS	Política Nacional de Resíduos Sólidos
PLANARES	Plano Nacional de Resíduos Sólidos
RSU	Resíduos Sólidos Urbanos
UNESP	Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho”

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO E JUSTIFICATIVA.....	13
2	OBJETIVOS.....	16
2.1	OBJETIVO GERAL.....	16
2.1	OBJETIVOS ESPECÍFICOS	16
3	METODOLOGIA.....	17
4	REFERENCIAL TEÓRICO.....	18
4.1	CONCEITOS RELACIONADOS AOS RESÍDUOS	18
4.2	CLASSIFICAÇÃO DOS RESÍDUOS SÓLIDOS	19
4.3	GERENCIAMENTO DE RESÍDUOS SÓLIDOS URBANOS	20
4.3.1	Descarte e Acondicionamento	20
4.3.2	Coleta, transporte e transbordo	21
4.3.3	Tratamento	21
4.3.4	Destinação final ambientalmente adequada	22
4.4	GESTÃO DOS RESÍDUOS SÓLIDOS URBANOS	22
4.5	ESTUDOS GRAVIMÉTRICOS	23
4.5.1	Conceituação e metodologia	23
4.5.2	Resultados de Estudos Gravimétricos.....	26
5	ÁREA DE ESTUDO.....	29
5.1	CIRSOP E MUNICÍPIOS CONSORCIADOS	29
5.2	PANORAMA DA GESTÃO DOS RSU NO CIRSOP	32
5.3	PLANO DE GERENCIAMENTO INTEGRADO DE RESÍDUOS SÓLIDOS - PIGIRS.....	40
5.4	PROJETO FEP/CAIXA.....	41
6.	GRAVIMETRIA REALIZADA.....	44
6.1	METODOLOGIA	44
6.1.1	Planejamento da Gravimetria	44

6.1.2	Etapas da Gravimetria	45
6.1.3	Tipologia de Resíduos	48
6.1.4	Cálculos	50
7.	RESULTADOS	52
8.	RECOMENDAÇÕES	62
8.	REFERÊNCIAS	67

1 INTRODUÇÃO E JUSTIFICATIVA

Os resíduos sólidos urbanos (RSU) incluem os resíduos sólidos domiciliares, ou seja, resíduos gerados em atividades domésticas em residências urbanas, e resíduos de limpeza urbana, que são originados de varrição e limpeza de vias públicas (Brasil, 2010). O descarte inadequado dos RSU pode gerar problemas ambientais e de saúde pública. Além disso, sua destinação em aterros sanitários provoca a degradação dos resíduos orgânicos, sendo essa a terceira maior fonte antropogênica mundial de metano (Humer e Lechner, 1999; Rose, Mahler e Izzo, 2012) *apud* (Brasil, 2022, p. 36).

A gestão e o gerenciamento dos RSU representam um desafio para os municípios brasileiros, especialmente quando atuam isoladamente. Nesse sentido, a Política Nacional de Resíduos Sólidos (PNRS) incentiva a organização de soluções regionalizadas, especialmente por meio dos consórcios intermunicipais, para promover a gestão ambientalmente adequada dos RSU.

Nesse contexto, foi criado o Consórcio Intermunicipal de Resíduos Sólidos do Oeste Paulista (CIRSOP), propondo tratar os resíduos sólidos de forma eficiente e colaborativa entre os municípios integrantes (CIRSOP, 2024). O CIRSOP e a Faculdade de Ciências e Tecnologia da Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho” (FCT - UNESP) possuem uma parceria para a realização de estudos desenvolvidos ao longo dos anos. Um dos marcos dessa colaboração, foi o Termo de Cooperação entre o Consórcio e a Fundação para o Desenvolvimento da UNESP (FUNDUNESP) para elaboração do Plano Intermunicipal de Gestão Integrada de Resíduos Sólidos (PIGIRS).

O Plano foi elaborado para ser um instrumento de atuação do Consórcio, visando à melhoria da gestão dos resíduos sólidos urbanos com a implementação de 5 Diretrizes, 16 Estratégias, 37 Metas, 16 Programas e 78 Ações. Para a execução do PIGIRS foi sugerida a realização de 7 Eixos de Atuação, com prioridade das ações. Foram propostas estruturas de tratamento de resíduos sólidos no 6º Eixo e, para a execução de algumas delas, foi considerada fundamental a realização de uma análise gravimétrica dos resíduos sólidos domiciliares (RSD) provenientes da coleta convencional nos municípios integrantes do consórcio (Plano Intermunicipal de Gestão Integrada de Resíduos Sólidos, 2020, p. 40). O procedimento não foi realizado na época de elaboração

do PIGIRS em razão da pandemia da COVID-19, mas no Plano constou uma proposta e metodologia para realização dessa análise gravimétrica. Com a melhoria de cenário de saúde, o estudo gravimétrico foi realizado entre 2022 e 2024 nos 13 municípios integrantes do Consórcio.

A gravimetria tem como objetivo identificar o percentual de massa de cada componente em relação à massa total (Brasil, 2022), para caracterização dos resíduos e identificação de etapas de tratamentos necessárias. Dada sua importância, esse Trabalho de Conclusão de Curso visa contribuir para a gestão dos resíduos sólidos nos municípios integrantes do CIRSOP, analisando os resultados da análise gravimétrica e propondo recomendações para outras futuras análises e para gestão e gerenciamento dos RSU nesses municípios.

O trabalho está organizado nos seguintes capítulos:

O Capítulo 1 apresenta a introdução e a justificativa do trabalho com contextualização do tema, o Capítulo 2 traz as definições dos objetivos gerais e específicos, e o Capítulo 3 apresenta a metodologia utilizada na gravimetria e no presente estudo.

O Capítulo 4 apresenta o referencial teórico, abordando conceitos relacionados aos resíduos sólidos, sua classificação, informações sobre o gerenciamento e a gestão de resíduos sólidos, além de conceituações sobre os estudos gravimétricos, com exemplos de metodologia e resultados.

O Capítulo 5 descreve a área de estudo do trabalho, caracterizando os municípios consorciados ao CIRSOP em relação aos dados censitários e ao manejo dos resíduos sólidos urbanos. Ademais, são abordadas informações pertinentes sobre o Plano Intermunicipal de Gestão Integrada de Resíduos Sólidos dos municípios em questão, e sobre o projeto de concessão do serviço de manejo dos resíduos sólidos urbanos.

No Capítulo 6, é detalhada a metodologia da gravimetria dos resíduos sólidos urbanos realizada nos municípios do CIRSOP, com a descrição do planejamento, etapas de execução e das tipologias de resíduos segregados.

No Capítulo 7, é apresentado um panorama geral das gravimetrias realizadas, com informações sobre as quantidades feitas, o número de caminhões amostrados em cada município e os locais de realização. No mesmo capítulo, são discutidos os resultados da composição gravimétrica dos resíduos, considerando o manejo dos RSU.

A partir dos resultados apresentados, no Capítulo 8 são realizadas recomendações para o gerenciamento e gestão dos RSU e, por fim, no Capítulo 9 a conclusão do trabalho.

2 OBJETIVOS

2.1 OBJETIVO GERAL

O objetivo geral do trabalho foi analisar os resultados do estudo gravimétrico realizado nos municípios integrantes do Consórcio Intermunicipal de Resíduos Sólidos do Oeste Paulista – CIRSOP e propor recomendações para futuras análises gravimétricas e para gestão e gerenciamento dos RSU.

2.1 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

Com o intuito de alcançar os objetivos gerais, foram estabelecidos os seguintes objetivos específicos:

- a) Analisar os resultados da composição gravimétrica feita nos 13 municípios consorciados e as diferenças encontradas entre percentuais de alguns tipos de resíduo; e
- b) Propor procedimentos para futuras análises gravimétricas nos municípios do CIRSOP, considerando-se a execução de ações previstas no PIGIRS, tais como ações educativas, de melhoria do descarte seletivo e coleta seletiva e de apoio às organizações de catadores, bem como para gestão e gerenciamento de RSU.

3 METODOLOGIA

O estudo proposto adotou uma abordagem metodológica que combinou revisão bibliográfica e análise de dados primários.

A revisão bibliográfica foi realizada com o objetivo de fundamentar teórica e conceitualmente o estudo em relação aos resíduos sólidos urbanos. Foram consultadas legislações vigentes, como Política Nacional de Resíduos Sólidos (PNRS), e documentos técnicos, como Planos de Gerenciamento de Resíduos Sólidos nos diferentes níveis governamentais e os Relatórios de Gravimetria realizados nos municípios do CIRSOP.

Para a análise dos resultados da gravimetria em questão, foram utilizados dados primários obtidos pela equipe de realização do estudo, incluindo: planilhas, fotos, anotações e relatórios.

Os dados e informações foram analisados e sistematizados, gerando-se textos, tabelas, gráficos e mapas para compor este trabalho de conclusão de curso de graduação.

4 REFERENCIAL TEÓRICO

4.1 CONCEITOS RELACIONADOS AOS RESÍDUOS

De acordo com Logarezzi (2007, p. 222), resíduo é tudo aquilo que resta de uma atividade qualquer, seja ela natural ou cultural, uma categoria ampla que inclui resíduos particulados dispersíveis, os gasosos, os líquidos, os esgotos e outros gerados nos mais diversos contextos, como transporte, domicílio, indústria, construção civil e outros.

Os resíduos sólidos são definidos pela Associação Brasileira de Normas Técnicas (2004a), como resíduos nos estados sólido e semi-sólido originados nas atividades industriais, domésticas, de varrição e outras, de modo que também são incluídos líquidos cujas características tornem inviável seu lançamento em rede de esgoto ou corpos d'água, ou que exigiriam soluções técnicas e econômicas viáveis.

De forma similar, a Lei nº 12.305, de 2 de agosto de 2010, que instituiu a Política Nacional de Resíduos Sólidos, definiu os resíduos sólidos como:

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

Dessa forma, o resíduo sólido pode apresentar diferentes estados físicos, sendo chamado de “resíduo inservível” quando em determinado contexto não pode ser reutilizado ou reciclável, devendo ser descartado.

No entanto, nenhum resíduo a princípio é inservível e a incapacidade de aproveitamento dos resíduos decorre da ausência de condições técnicas, econômicas e culturais de uma comunidade em determinado período e contexto (Logarezzi, 2007 p. 223).

Os resíduos sólidos são popularmente conhecidos como lixo, termo definido por Logarezzi (2007, p. 224-229), como remanescente de uma atividade qualquer, descartado sem a preservação do potencial valor social, econômico e ambiental, de modo que o lixo, pode ser o resíduo inservível, mas também

recicláveis e reutilizáveis que apresentam para o gerador, aspectos de sujidade, estorvo e imundície quando assim descartados.

Segundo Logarezzi (2007, p. 224-229), o ser humano não gera lixo, apenas resíduos que em determinado contexto não seja utilizado em nova atividade. Ainda, tem-se que todo lixo é resíduo, mas nem todo resíduo é lixo.

Outro conceito relacionado aos resíduos é o de rejeitos. Os rejeitos são definidos pela Lei nº 12.305, de 2 de agosto de 2010, como resíduos sólidos que após exploradas todas as opções de tratamento e recuperação através de processos tecnológicos acessíveis e viáveis do ponto de vista econômico, não oferecem alternativa além da sua disposição final de maneira ambientalmente apropriada em aterro sanitário.

4.2 CLASSIFICAÇÃO DOS RESÍDUOS SÓLIDOS

Para sua classificação, a Política Nacional de Resíduos Sólidos classifica os resíduos sólidos quanto a sua origem e periculosidade.

Sobre a periculosidade, os resíduos sólidos podem ser considerados perigosos se, de acordo com instrumentos legais, apresentam risco à saúde pública ou à qualidade ambiental devido às suas características de inflamabilidade, corrosividade, reatividade, toxicidade, patogenicidade, carcinogenicidade, teratogenicidade e mutagenicidade. Caso não se enquadrem nessas características, são considerados não perigosos (Brasil, 2010).

Na classificação de origem de sua geração, os resíduos podem ser divididos em: resíduos domiciliares, resíduos de limpeza urbana, resíduos sólidos urbanos, resíduos de estabelecimentos comerciais e prestadores de serviço, resíduos do serviço público de saneamento básico, resíduos industriais, resíduos de serviço de saúde, resíduos da construção civil, resíduos agrossilvipastoris, resíduos do serviço de transporte e resíduos de mineração (Brasil, 2010).

Em caso de não contaminação desse resíduo com resíduos que apresentem características de periculosidade, eles são considerados resíduos não perigosos.

De acordo com a Associação Brasileira de Resíduos e Meio Ambiente (2023 p. 20), estima-se que o brasileiro gerava, em 2022, uma média de 1,04kg de resíduo sólido urbano (RSU) por dia, totalizando 380kg/hab/ano.

Ao verificar a espacialização dessa geração pelo país, a Associação aponta uma discrepância entre os valores de geração de resíduo pelas regiões brasileiras. A região Sudeste tem a maior geração de RSU per capita, com aproximadamente 449 kg de resíduo/habitante por ano, e é responsável pela geração de 104 mil toneladas por dia, aproximadamente 50% da geração nacional (Associação Brasileira de Resíduos e Meio Ambiente, 2023, p.20). Ademais, a região com a menor geração per capita é a região Sul do país, apresentando uma geração de 284kg de RSU por habitante em 2022 (Associação Brasileira de Resíduos e Meio Ambiente, 2023, p. 20).

4.3 GERENCIAMENTO DE RESÍDUOS SÓLIDOS URBANOS

Diante do volume expressivo de geração de resíduos sólidos urbanos, a Política Nacional de Resíduos Sólidos estabelece os princípios, objetivos, instrumentos e as diretrizes relativas à gestão integrada e ao gerenciamento dos resíduos sólidos.

O gerenciamento de resíduos sólidos se refere ao conjunto de atividades realizadas nas fases de coleta, transporte, transbordo, tratamento e disposição final de resíduos sólidos e disposição final ambientalmente adequada de rejeitos conforme previsto na Lei (Brasil, 2010).

Ainda, de acordo com o artigo 9º da Política Nacional de Resíduos Sólidos, na gestão e gerenciamento dos resíduos sólidos, deve ser seguida a ordem de prioridade de não geração, redução, reutilização, reciclagem, tratamento dos resíduos sólidos e disposição final ambientalmente adequada.

4.3.1 Descarte e Acondicionamento

Para a coleta dos resíduos sólidos urbanos, existe o descarte dos resíduos pela população. Segundo Logarezzi (2007, p. 228), o descarte dos resíduos pode ser comum, quando os resíduos são descartados em lixeira

comum e o resíduo passa pela rota do lixo com confinamento em aterro sanitário, ou seletivo, quando os valores potenciais contidos nos resíduos são preservados a partir da separação de acordo com seus valores sociais, ambientais e econômicos para reciclagem e reutilização seguindo a rota de resíduos.

4.3.2 Coleta, transporte e transbordo

A partir dessa separação nas residências, pode ocorrer a coleta de lixo, que consiste em recolher o lixo e encaminhá-lo para o confinamento em aterro sem que ocorra a sua reciclagem ou reutilização, de acordo com Logarezzi (2007, p. 229-230). Ainda segundo o autor, esse ato se difere da coleta de resíduo, pois esta, por sua vez, recolhe e realiza o encaminhamento dos resíduos, possibilitando a sua reciclagem ou reutilização.

Após a coleta, é realizado o transporte dos resíduos para os locais de destinação, podendo ocorrer a etapa de transbordo, que consiste na passagem dos resíduos coletados para caminhões de maior carga (Nunes; Silva, 2015).

4.3.3 Tratamento

O tratamento dos resíduos sólidos urbanos é caracterizado como um conjunto de ações que visam a diminuição da quantidade de resíduos ou de seu potencial de poluição, seja impedindo o descarte ou disposição em local inadequado ou realizar o processamento dos resíduos para que se tornem inertes (Monteiro *et al.*, 2001, p. 119).

Entre as formas de tratamento existem as usinas de reciclagem e de compostagem de matéria orgânica, que são fontes de emprego e renda e reduzem a quantidade de resíduos destinadas aos aterros sanitários (Monteiro *et al.*, 2001, p. 119).

Ademais, existe a recuperação de materiais recicláveis secos pelos catadores, considerando-se que, nesta etapa, as cooperativas recebem e fazem a separação de uma variedade de materiais recicláveis, permitindo que esses materiais sejam incorporados pela indústria.

De acordo com o SNIS-RS, 2012 a 2019 (ano-base 2010 a 2018) *apud* Brasil (2022, p. 27), a recuperação de resíduos recicláveis secos é de 2,2% em relação à massa total coletada. Para os resíduos orgânicos, essa relação é de 0,2%, de acordo com SNIS (2018), sendo que a maior parte é oriunda da coleta convencional, o que evidencia pouca realização de coletas seletivas de orgânicos, além da coleta seletiva de recicláveis secos.

De acordo com Brasil (2022, p. 27), para possibilitar um tratamento que apresente uma relação custo-benefício mais vantajosa e aumentar o uso do material gerado partir dos resíduos, é essencial que a coleta de resíduos de uma área seja feita em três categorias: recicláveis secos, orgânicos e rejeitos.

4.3.4 Destinação final ambientalmente adequada

Segundo a Lei nº12.305, de 2 de agosto de 2010, a destinação final ambientalmente adequada consiste na destinação de resíduos que abrange a reutilização, a reciclagem, a compostagem, a recuperação e o aproveitamento energético ou outras destinações admitidas pelos órgãos competentes.

No Brasil, o aterro sanitário ainda permanece como principal forma de destinação final ambientalmente adequada. Embora represente uma solução para acabar com as formas de disposição final inadequadas (lixões e aterros controlados), é fundamental promover políticas de redução, reciclagem e valorização dos resíduos orgânicos para ampliação da vida útil dos aterros sanitários, diminuição das emissões de gases de efeito estufa e redução de custos com a manutenção dessas instalações (Brasil, 2022, p. 36).

4.4 GESTÃO DOS RESÍDUOS SÓLIDOS URBANOS

A gestão integrada de resíduos sólidos consiste no conjunto de medidas direcionadas à procura de soluções para os resíduos sólidos, levando em conta as dimensões política, econômica, ambiental, cultural e social, com controle social e fundamentado nos princípios do desenvolvimento sustentável (Brasil, 2010).

A Lei 14.026, de 15 de julho de 2020 que atualiza o marco legal do saneamento básico no país, prevê os serviços de abastecimento de água, esgotamento sanitário, limpeza urbana e o manejo de resíduos sólidos. Desse modo, a gestão dos resíduos sólidos urbanos é de responsabilidade do poder público e deve ocorrer de forma universal, adequada à saúde pública e ao meio ambiente (Brasil, 2020).

De acordo com a mesma lei, os serviços de saneamento deverão ter sua sustentabilidade econômico-financeira assegurada por remuneração da cobrança do serviço. Dessa forma, o serviço de manejo de resíduos sólidos, deverá se manter através de taxas, tarifas e outros preços públicos de acordo com a prestação, podendo esta ocorrer por regime de concessão.

4.5 ESTUDOS GRAVIMÉTRICOS

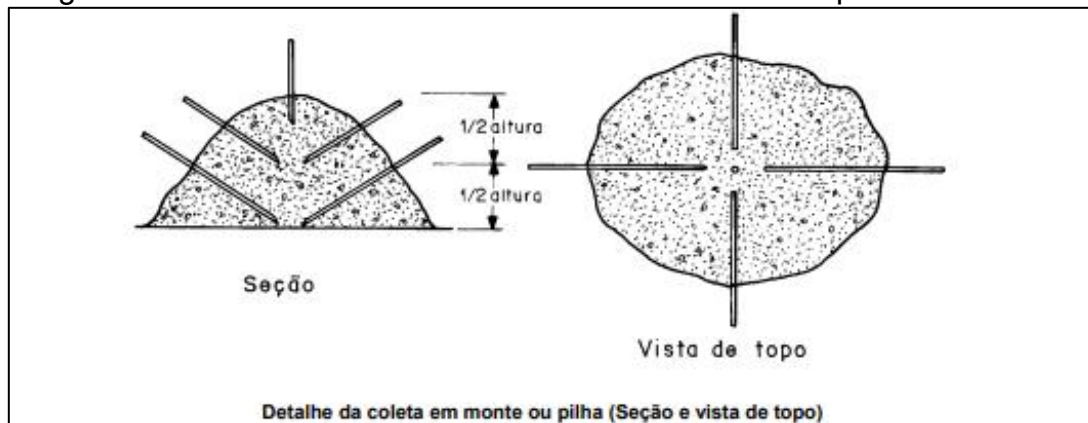
4.5.1 Conceituação e metodologia

De acordo com Brasil (2022, p. 18), o estudo gravimétrico compreende a identificação do percentual da massa de cada componente em relação à massa total de resíduos. Essa identificação de tipologias presentes nos resíduos permite o adequado planejamento do setor por meio de políticas públicas, estratégias e soluções que assegurem a destinação ambientalmente adequada preconizada pela Política Nacional de Resíduos Sólidos, levando-se em consideração as melhores alternativas disponíveis e aplicáveis (Brasil, 2022).

A caracterização gravimétrica é definida também como a determinação dos constituintes e de suas respectivas percentagens em peso e volume, em uma amostra de resíduos sólidos (Associação Brasileira de Normas Técnicas, 2004b). Para a realização do estudo gravimétrico e outros tipos de amostragens com resíduos, a ABNT NBR 10.007 apresenta conceitos e diretrizes de realização.

No caso de amostragens de resíduo em sacos e similares, como é o caso da gravimetria dos RSU, é estabelecido que devem ser retiradas amostras pela parte superior, evitando fazer furos adicionais onde o material possa vazar e ainda, coletar as amostras em toda seção vertical, em lados opostos (Associação Brasileira de Normas Técnicas, 2004b), conforme mostra a Figura 1.

Figura 1 - Pontos de retirada de amostras de montes ou pilhas de resíduo



Fonte: Associação Brasileira de Normas Técnicas (2004b)

Para que se obtenha o volume de resíduos desejado para a amostragem, a Associação Brasileira de Normas Técnicas (2004b) indica a realização do processo de quarteamento. Esse processo consiste na divisão de uma amostra pré-homogeneizada em 4 partes iguais, obtendo apenas as duas opostas entre si, que são novamente homogeneizadas e descarta-se as demais. O processo de quarteamento pode ser repetido quantas vezes for necessário para que se tenha o volume de interesse.

Com a separação do volume de interesse, é indicada a separação de tipologias e sua pesagem para a obtenção dos respectivos percentuais de massa que compõe o resíduo.

De forma similar, na gravimetria de RSU realizada por Rodrigues; Ismail; Lino (2023, p. 24) no município de Manaus, estado do Amazonas, a metodologia utilizada foi o descarregamento do caminhão, quarteamento das amostras, o descarte de duas partes diametralmente opostas e as outras duas foram utilizadas para encher os baldes plásticos de 100 litros de capacidade, até ser obtido o volume de 1.000 litros. Com o volume de resíduos, houve a pesagem das bombona e triagem sobre a lona nas categorias de papel/papelão, madeira, metais, vidros, plástico duro (PEAD), plástico mole (PEBD), plástico tipo PET, plástico tipo PP, isopor, rejeitos e material orgânico. Por fim, houve a pesagem dessas tipologias e determinado o percentual dos materiais em relação a amostra total com cálculo do peso específico aparente.

O peso específico aparente calculado no estudo se referiu ao peso do resíduo solto, considerando o volume ocupado livremente, sem compactação, expresso em kg/m³ (Equação 1).

$$\text{Peso Específico} = \left(\frac{\text{massa do resíduo (Kg)}}{\text{volume do resíduo (m}^3\text{)}} \right) \quad (\text{Equação 1})$$

Geralmente, esse dado é utilizado para calcular as dimensões de veículos de coleta e dispositivos de compactação. Para sua determinação, realiza-se a pesagem de uma parte da amostra, a qual deve estar acondicionada em um recipiente de volume previamente conhecido, de forma que seja evitada a compactação (Fundação Estadual do Meio Ambiente, 2019, p. 20).

De acordo com Soares (2011, p. 16), o peso específico possui uma relação direta com a composição gravimétrica dos materiais, visto que à medida que aumenta a presença de componentes leves, como papel, papelão e plásticos, ou diminui a matéria orgânica, menor será o peso específico aparente de uma amostra.

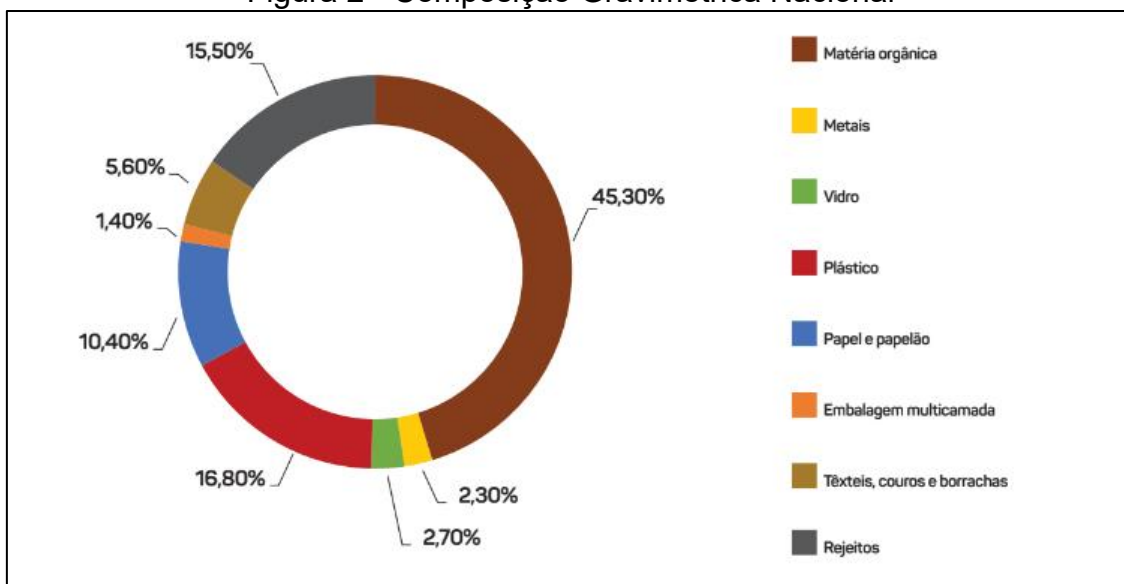
Outro estudo gravimétrico, realizado no município de Jaú no estado de São Paulo, também calcula o peso específico dos resíduos. No estudo em questão, os resíduos sólidos domiciliares foram recolhidos em rota específica realizada pela Prefeitura Municipal de Jaú com coleta em caminhão carroceria sem compactação, visando à determinação do peso específico dos resíduos (Rezende *et al.*, 2013).

Por fim, as informações de composição gravimétrica foram coletadas por meio da compilação e exame de cerca de 200 estudos, que abrangeram referências acadêmicas e científicas, bem como dados primários, todos utilizando metodologias comparáveis e o mesmo período. A estimativa da gravimetria nacional foi derivada da média ponderada da geração total de resíduos sólidos urbanos categorizada por níveis de renda dos municípios e suas composições correspondentes, fatorando tanto a população quanto a geração per capita (Associação Brasileira de Limpeza Pública e Resíduos Especiais, 2020).

4.5.2 Resultados de Estudos Gravimétricos

Os resultados da gravimetria de resíduos sólidos urbanos pela Associação Brasileira de Limpeza Pública e Resíduos Especiais (2020) *apud* (Brasil, 2022) indicam que o principal elemento dos RSU é a fração orgânica, que consiste em resíduos de alimentos, sobras, resíduos verdes e madeira, representando 45,3% do total. Os materiais recicláveis secos constituem 33,6% e são compostos principalmente de plásticos (16,8%), papel e papelão (10,4%), vidro (2,7%), metais (2,3%) e embalagens multicamadas (1,4%). Outros tipos de resíduos representam 21,1%, com resíduos têxteis, de couro e borracha compreendendo 5,6%, enquanto os rejeitos respondem por 15,5% (Figura 2).

Figura 2 - Composição Gravimétrica Nacional



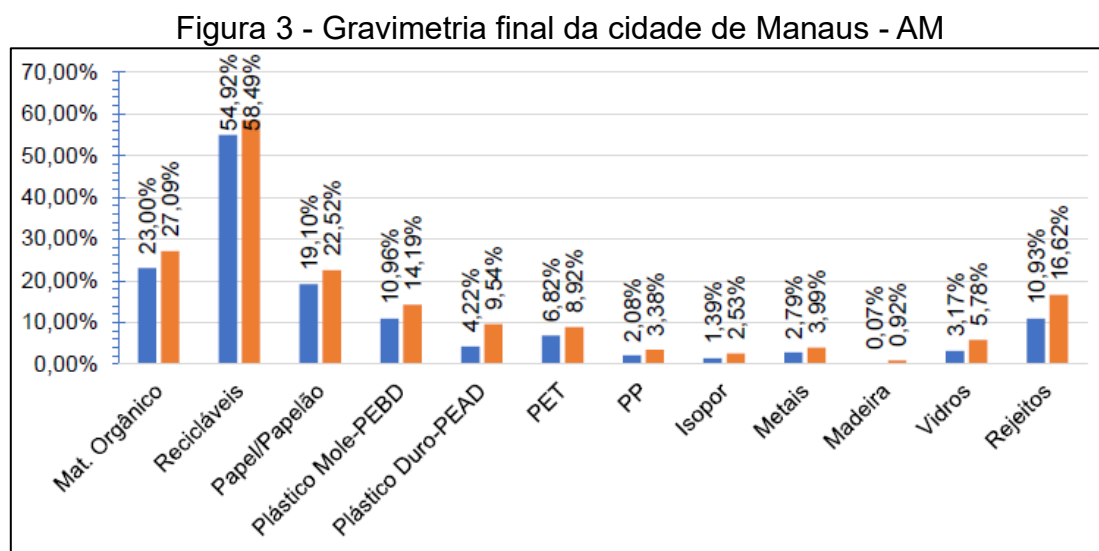
Fonte: Associação Brasileira de Limpeza Pública e Resíduos Especiais (2020) *apud* (Brasil, 2022)

De acordo com os resultados da gravimetria pela Associação Brasileira de Limpeza Pública e Resíduos Especiais (2020) *apud* Brasil (2022), a fração orgânica respondeu por cerca de 45% de todos os resíduos gerados no país, isto é, pouco mais de 36 milhões de toneladas de restos de alimentos e resíduos de poda, as quais são, majoritariamente, enviadas para disposição final e, logo, fonte de emissões de gases de efeito estufa (GEE) (Associação Brasileira de Limpeza Pública e Resíduos Especiais, 2020, p. 46).

O Plano Nacional de Resíduos Sólidos indicou que em 2018 a fração orgânica correspondeu a cerca de 37 milhões de toneladas (SNIS-RS, 2019, ano-base 2018) e apenas 127.498 toneladas foram valorizadas em unidades de compostagem, sendo o restante da matéria orgânica enviada para disposição final em aterros sanitários ou ainda, de maneira inadequada, para aterros controlados e lixões (SNIS-RS, 2019, ano-base 2018) *apud* (Brasil, 2022, p. 36).

No entanto, estima-se que os métodos de recuperação de matéria orgânica como a digestão anaeróbia, tratamento mecânico-biológico e compostagem, contribuem para a redução das emissões em torno de 2,3 kg de CH₄ por tonelada proveniente da digestão anaeróbia e 3 kg de CH₄ por tonelada através da compostagem (Associação Brasileira de Limpeza Pública e Resíduos Especiais, 2020, p. 46).

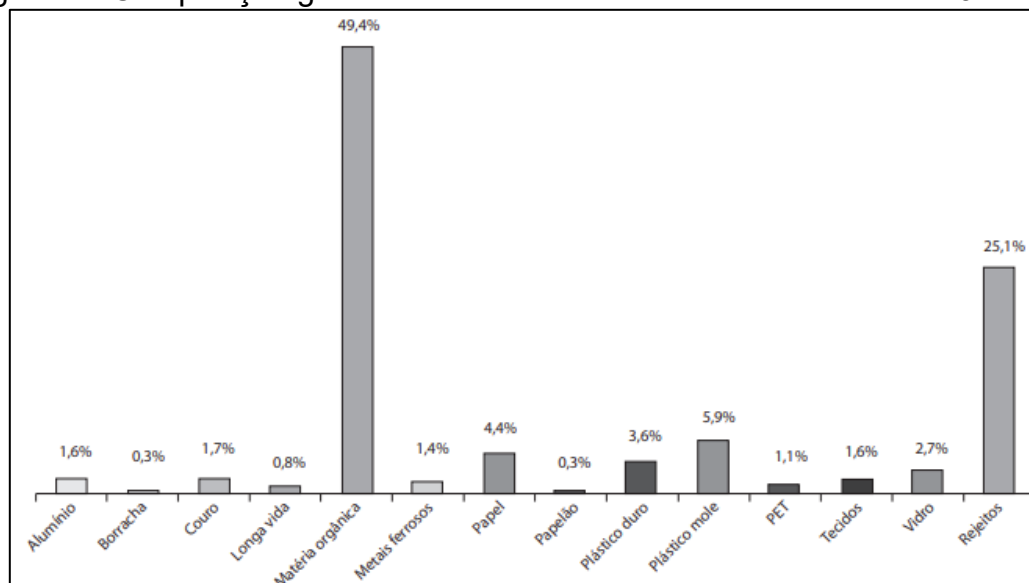
Os resultados do estudo gravimétrico realizado em Manaus (Figura 3) indicam que grande parte do material coletado tem capacidade de ser reciclado, aproximadamente 54%, propondo-se a instalação de uma usina de triagem como alternativa para a diminuição dos resíduos serem destinados ao aterro da cidade (Rodrigues, M. A. *et al.*, 2023, p. 24).



Fonte: Rodrigues, M. A. *et al.* (2023, p. 24)

Já a composição gravimétrica dos resíduos sólidos urbanos realizada em Jaú-SP (Figura 4) mostra uma composição gravimétrica com quantidade de matéria orgânica de 49,9%, resultado similar ao obtido pela gravimetria de Brasil (2022) com potencial de aproveitamento de matéria orgânica.

Figura 4 - Composição gravimétrica dos resíduos sólidos urbanos em Jaú – SP



Fonte: Rezende J. H. *et al.* (2023, p. 7)

As variações nos resultados indicam que as gravimetrias funcionam como retratos do manejo dos RSU em um determinado município e datas. O estudo gravimétrico revela características relacionadas às etapas de descarte, armazenamento e coleta dos resíduos amostrados. Nos casos em que não há coleta seletiva ou triagem das coletas convencionais, como nos estudos de Manaus-AM, os resultados refletem as características dos resíduos recicláveis aterrados como rejeitos, permitindo a definição de soluções distintas para o gerenciamento dos RSU.

5 ÁREA DE ESTUDO

5.1 CIRSOP E MUNICÍPIOS CONSORCIADOS

No contexto de soluções regionalizadas para gestão dos resíduos sólidos urbanos, foi formado o CIRSOP, que foi criado com objetivo de representar o conjunto dos municípios que o integram, além de planejar, supervisionar, coordenar, orientar e avaliar as ações e atividades referentes à gestão e destinação de resíduos. Ademais, visa a criação de ações e mecanismos para a adequada gestão dos resíduos sólidos de forma a manter a qualidade de vida da população de sua área de abrangência e do meio ambiente (Plano Intermunicipal de Gestão Integrada de Resíduos Sólidos, 2020).

Em 2024, o CIRSOP conta com 13 municípios, sendo eles: Álvares Machado, Alfredo Marcondes, Caiabu, Iepê, Martinópolis, Paraguaçu Paulista, Presidente Bernardes, Presidente Prudente, Presidente Venceslau, Rancharia, Regente Feijó, Santo Anastácio e Santo Expedito.

De acordo com o Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (2022b), a maior parte dos municípios do CIRSOP são de pequeno porte, apresentando população inferior a 30.000 habitantes (Tabela 1). A população total dos municípios consorciados é de 412.967 habitantes, sendo Presidente Prudente o município mais populoso. Em extensão territorial, os municípios do CIRSOP possuem área de 7.131,644 km². O município com a maior área é Rancharia, com 1.587,498 km², e com a menor área é Santo Expedito, com 94,465 km².

Ainda de acordo com o Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (2021), o município consorciado com maior PIB – Produto Interno Bruto per capita foi Iepê, com R\$ 52.789,96, e o com menor PIB per capita foi Santo Expedito, com R\$ 14.964,67.

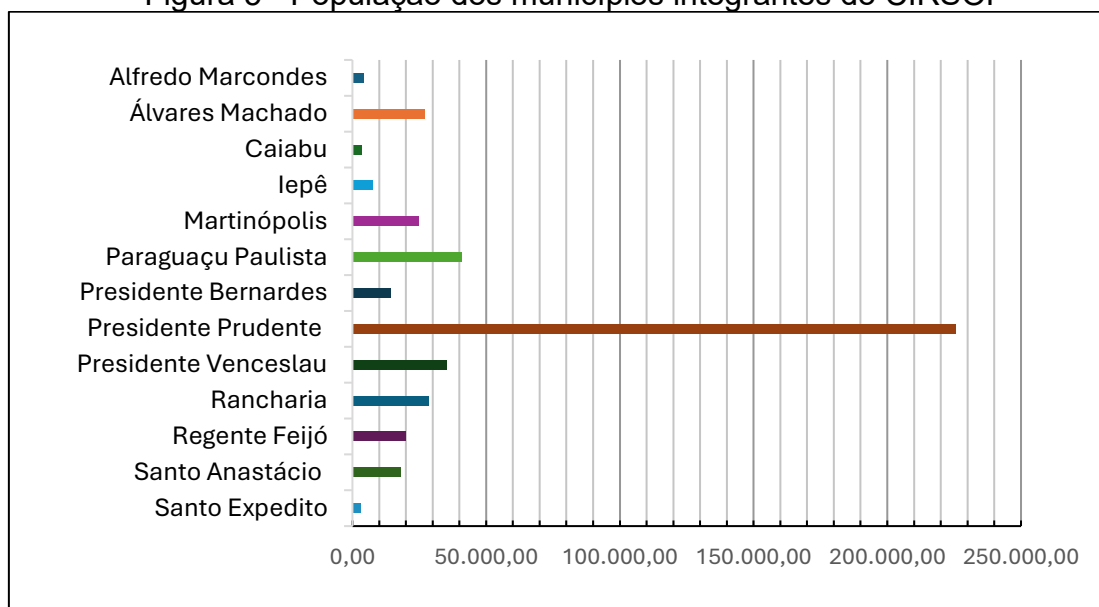
Tabela 1 - Dados dos municípios do CIRSOP

Município	Número de habitantes ¹	Área (km ²) ²	PIB per capita (R\$) ³
Alfredo Marcondes	4.445	118,915	28.649,11
Álvares Machado	27.255	347,647	28.306,72
Caiabu	3.712	253,352	16.640,38
Iepê	7.619	594,974	52.789,96
Martinópolis	24.881	1.253,564	28.179,26
Paraguaçu Paulista	41.120	1.001,49	39.015,76
Presidente Bernardes	14.490	749,233	25.644,30
Presidente Prudente	225.668	560,637	39.845,11
Presidente Venceslau	35.201	755,203	20.760,95
Rancharia	28.588	1.587,498	46.459,21
Regente Feijó	20.145	263,280	47.932,82
Santo Anastácio	17.963	552,876	26.650,73
Santo Expedito	3.000	94,465	14.964,67
Total	412.967	7.131.644	-

Fonte: Elaborado pela autora (2024) a partir de IBGE (2022b¹, 2022a², 2021³)

A partir da Figura 5 é possível identificar a diferença entre a população de Presidente Prudente, município mais populoso do CIRSOP, em relação aos demais.

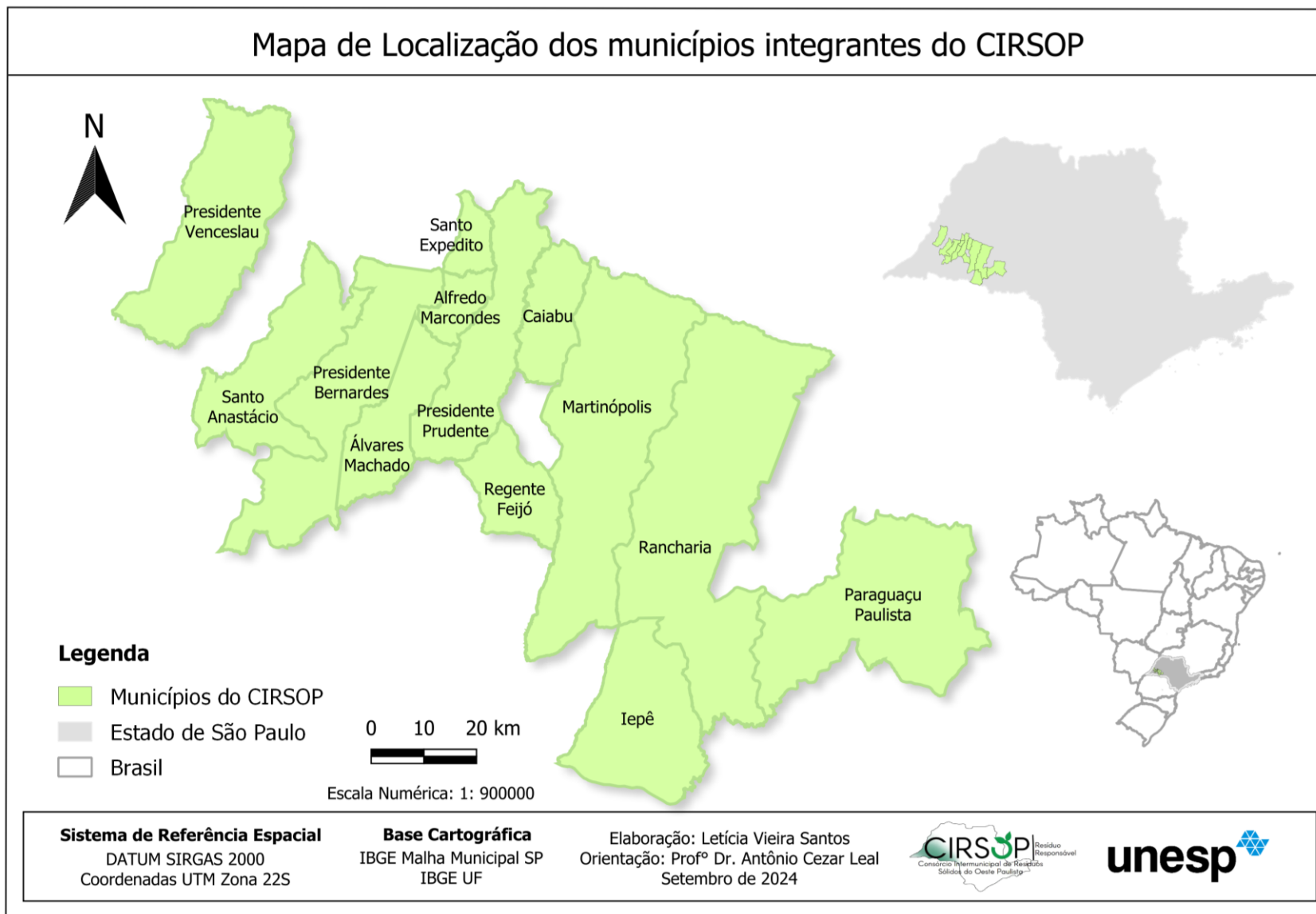
Figura 5 - População dos municípios integrantes do CIRSOP



Fonte: Elaborado pela autora (2024) a partir de IBGE (2022b)

Os municípios integrantes do CIRSOP se localizam na região sudeste do país, no oeste do estado de São Paulo e próximos entre si, conforme a Figura 6.

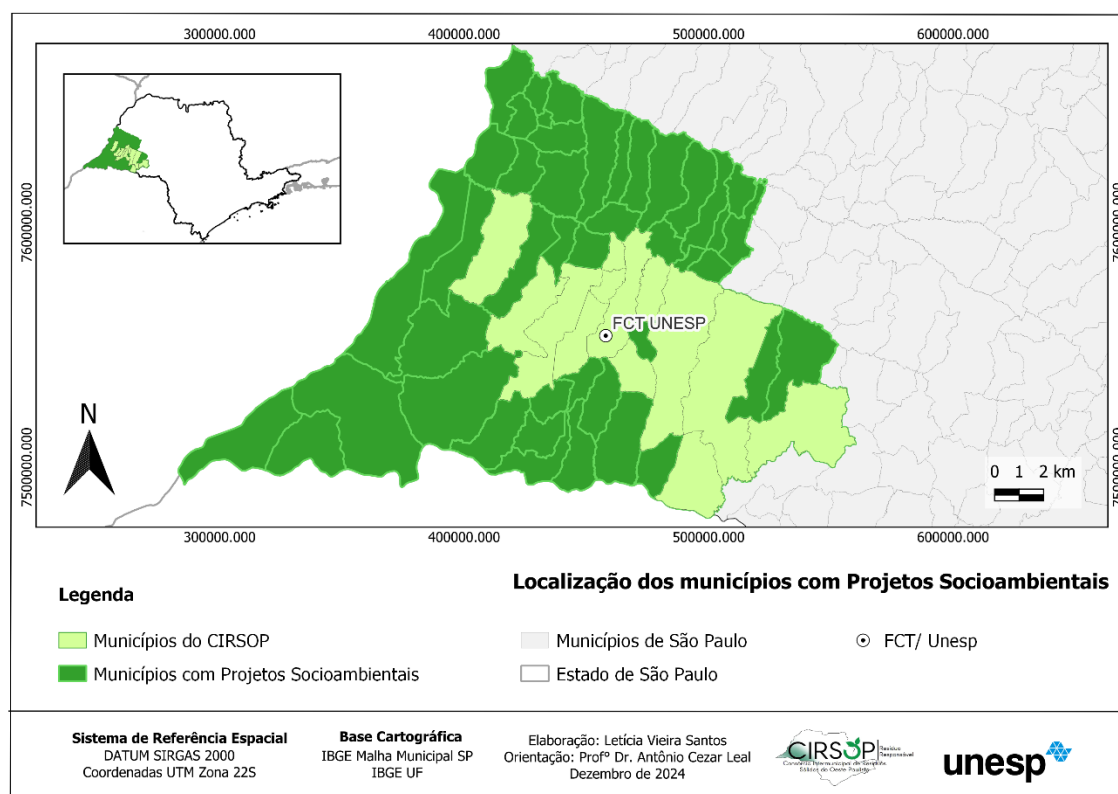
Figura 6 - Mapa de localização dos municípios integrantes do CIRSOP



Fonte: Elaborado pela autora (2024) a partir de IBGE (2022c)

Os municípios que compõem o CIRSOP estão, em sua maioria, localizados na área de atuação do Ministério Público do Trabalho (MPT), PTM de Presidente Prudente, área em que estão sendo desenvolvidos estudos e projetos socioambientais desenvolvidos pela FCT/UNESP, com recursos destinados pelo MPT e por emendas parlamentares da Assembleia Legislativa do Estado de São Paulo (ALESP). O município de Paraguaçu Paulista, embora não fizesse parte dessa área de abrangência (MPT-PTM Presidente Prudente), passou a integrar esses estudos e projetos em razão de sua participação no CIRSOP. A espacialização dos municípios do CIRSOP no contexto da área de estudos e projetos socioambientais mencionados é apresentada na Figura 7.

Figura 7 - Municípios da área de estudos e projetos socioambientais – FCT/Unesp



Fonte: Elaborado pela autora (2024) a partir de IBGE (2022c)

5.2 PANORAMA DA GESTÃO DOS RSU NO CIRSOP

Sobre a gestão dos RSU nos municípios consorciados, de acordo com informações da CETESB (2023), sobre a geração de resíduos por dia nos

municípios em toneladas por habitantes, são geradas 351,93 toneladas de RSU por dia no total municípios consorciados.

Para estimar a geração de RSU per capita por dia (Tabela 2), foi realizada a conversão de toneladas por dia em quilogramas por dia e dividido o valor pelo número de habitantes do município de acordo com Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (2022b).

Desse modo, o município com a maior geração de resíduos sólidos urbanos é Presidente Prudente, com 198,96 t/dia e é o município com a maior geração per capita de RSU por habitante dia, sendo cada habitante responsável em média pela geração de 0,712 kg de RSU.

Com a geração de RSU por dia foi estimada a geração mensal multiplicando o valor por 30 dias. Então, no total, tem-se que os municípios do CIRSOP geram aproximadamente 10.557,90 toneladas de RSU por mês e que o município de Presidente Prudente gera mais resíduos (5.968 toneladas por mês) do que a soma de todos os demais municípios (4.589 toneladas por mês).

Tabela 2 - Geração de RSU nos municípios do CIRSOP

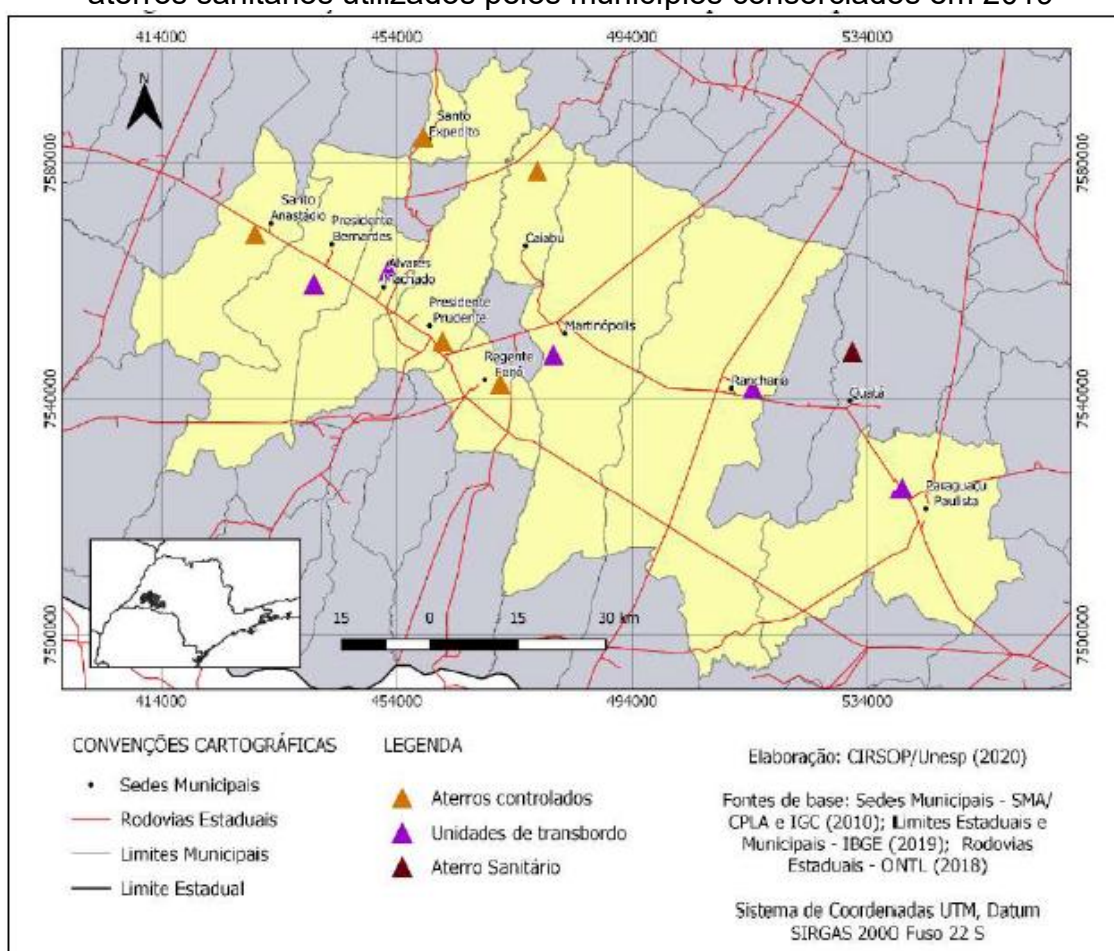
Município	Número de habitantes ¹	RSU (t/dia) ²	RSU (t/mês) estimado	Geração per capita (kg/hab.dia) estimado
Alfredo Marcondes	4.445	2,60	78,00	0,585
Álvares Machado	27.255	17,19	515,70	0,630
Caiabu	3.712	2,12	63,60	0,571
Iepê	7.619	4,74	142,20	0,620
Martinópolis	24.881	14,63	438,90	0,588
Paraguaçu Paulista	41.120	29,81	894,30	0,712
Presidente Bernardes	14.490	7,85	235,50	0,541
Presidente Prudente	225.668	198,96	5.968,80	0,881
Presidente Venceslau	35.201	26,94	808,20	0,765
Rancharia	28.588	20,51	615,30	0,717
Regente Feijó	20.145	13,00	390,00	0,645
Santo Anastácio	17.963	11,72	351,60	0,652
Santo Expedito	3.000	1,86	55,80	0,616
Total	454.087	351,93	10.557,90	-

Fonte: Elaborado pela autora (2024) a partir de IBGE (2022b)¹, CETESB, (2023)²,

Sobre a coleta de RSU, todos os municípios possuem coleta convencional única de rejeitos e matéria orgânica e não apresentam opções de tratamento, sendo o material coletado destinado para aterro.

Acerca dos locais de destinação final dos RSU nos municípios consorciados, tem-se o levantamento do Plano Intermunicipal de Gestão Integrada de Resíduos Sólidos (2020, p. 182) em que existia um aterro sanitário particular em Quatá, município que não integra o Consórcio, e 5 (cinco) aterros controlados nos municípios de Presidente Prudente, Santo Anastácio, Santo Expedito, Caiabu e Regente Feijó (Figura 7). Os municípios sem aterro controlado apresentavam áreas de transbordo para direcionamento do resíduo ao aterro em Quatá.

Figura 8 - Localização dos aterros controlados, unidades de transbordo e aterros sanitários utilizados pelos municípios consorciados em 2019



Fonte Plano Intermunicipal de Gestão Integrada de Resíduos Sólidos (2020, p. 182)

Ademais, de acordo com informações atualizadas pelo CIRSOP, foi possível a atualização das informações (Quadro 1) em que é possível verificar o movimento de encerramento dos aterros controlados nos municípios consorciados ao CIRSOP, indicando melhoria no gerenciamento de resíduos

sólidos, visto que a maior parte deles passou a destinar seus resíduos a aterros sanitários, restando em 2024 aterros controlados em Santo Expedito e Alfredo Marcondes.

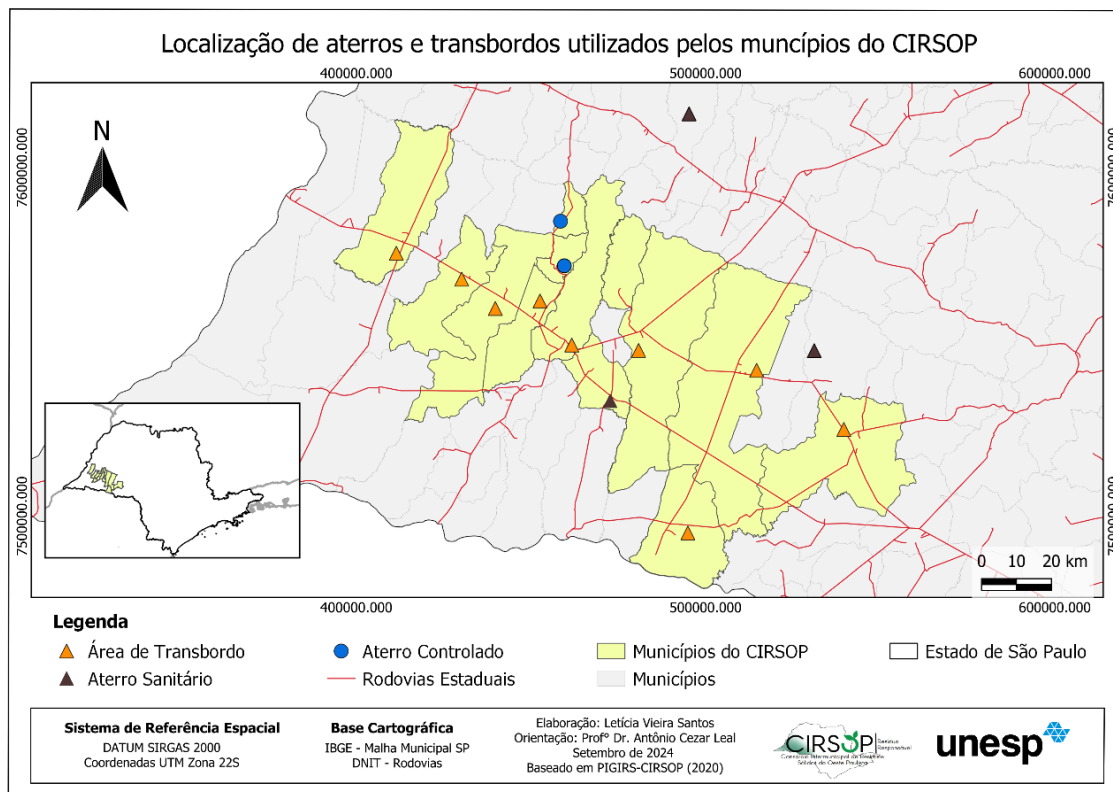
Quadro 1 – Comparativo do número de unidades de transbordo e aterros controlados utilizados pelos municípios do CIRSOP em 2020 e 2024

Municípios	Informações de 2019	Informações de 2024²
Alfredo Marcondes	Sem informação	Aterro Controlado
Álvares Machado	Unidade de transbordo ¹	Unidade de transbordo
Caiabu	Aterro Controlado ¹	Unidade de transbordo
Iepê	Sem informação	Unidade de transbordo
Martinópolis	Unidade de transbordo ¹	Unidade de transbordo
Paraguaçu Paulista	Unidade de transbordo ¹	Unidade de transbordo
Presidente Bernardes	Unidade de transbordo ¹	Unidade de transbordo
Presidente Prudente	Aterro Controlado ¹	Unidade de transbordo
Presidente Venceslau	Sem informação	Unidade de transbordo
Rancharia	Unidade de transbordo ¹	Unidade de transbordo
Regente Feijó	Aterro Controlado ¹	Aterro Sanitário
Santo Anastácio	Aterro Controlado ¹	Unidade de transbordo
Santo Expedito	Aterro Controlado ¹	Aterro Controlado
Quatá	Aterro Sanitário ¹	Aterro Sanitário
Adamantina	Sem informação	Aterro Sanitário

Fonte: Elaborado pela Autora (2024) a partir de Plano Intermunicipal de Gestão Integrada de Resíduos Sólidos (2020)¹ e Prefeituras Municipais (2024)²

De forma similar, a espacialização das informações indicadas no Quadro 1, para o ano de 2024, são apresentadas na Figura 8.

Figura 9 - Localização dos aterros e transbordos utilizados pelos municípios do CIRSOP em 2024



Fonte: Elaborado pela Autora (2024) a partir de IBGE (2022c)

Ressalta-se que houve o aumento do número de aterros sanitários privados com destinação de resíduos oriundos dos municípios consorciados, passando de um para três, localizados em Quatá, Regente Feijó e Adamantina. Essa mudança implicou no aumento de custo de destinação final para as Prefeituras Municipais, o que fortaleceu a solução coletiva da gestão de resíduos, o que pode explicar o aumento no número de municípios consorciados e a busca por um projeto unificado de concessão do serviço de manejo dos RSU, ainda que de acordo com Silva (2024), no momento oito municípios estejam na concessão a ser realizada.

Informações atualizadas do CIRSOP indicam que em 2024, todos os municípios consorciados, com exceção de Iepê, apresentam coleta seletiva de materiais recicláveis por associação ou cooperativa de catadores. Porém, ressalta-se que no momento de realização do estudo gravimétrico, Caiabu não apresentava coleta seletiva, e em Santo Expedito, na semana de realização do estudo a coleta seletiva não estava operando.

A síntese das informações atualizadas acerca dos locais de destinação final de RSU e presença de cooperativas em cada município consorciado, está apresentada no Quadro 2.

Quadro 2 - Gestão dos RSU nos municípios consorciados ao CIRSOP

Município	Tem Unidade de transbordo no município	Responsável pela Unidade de Transbordo	Destinação Final	Quantidade média RSU/Rejeito aterrado por mês (t)	Possui coleta seletiva	Associação/ Cooperativa
Alfredo Marcondes	Não	-	Aterro Controlado em Vala	150,00	Sim	Não informado
Álvares Machado	Sim	Prefeitura	Aterro Sanitário Revitá/Quatá	549,00	Sim	Associação Reciclando para a Vida (ARPV)
Caiabu	Não	-	Aterro Sanitário G4/Regente Feijó	44,12	Sim	Não informado
Iepê	Sim	Prefeitura	Aterro Sanitário Revitá/Quatá	401,00	Não	-
Martinópolis	Sim	Prefeitura	Aterro Sanitário Revitá/Quatá	410,00	Sim	Cooperativa de Trabalho dos Catadores de Materiais Recicláveis de Martinópolis (COOPERMART)
Paraguaçu Paulista	Sim	Prefeitura	Aterro Sanitário Revitá/Quatá	850,00	Sim	Cooperativa Paraguaçuense de Catadores de Materiais Recicláveis (COOPACAM) Associação de Catadores de Materiais Recicláveis de Paraguaçu Paulista
Presidente Bernardes	Sim	Prefeitura	Aterro Sanitário Revitá/Quatá	160,00	Sim	Associação Reciclagem em União (ARU)
Presidente Prudente	Sim	Nova Alta Paulista Ambiental	Aterro Sanitário Revitá/Quatá G4/Regente Feijó	5700,00	Sim	Cooperativa dos Trabalhadores de Materiais Recicláveis de Presidente Prudente (COOPERLIX)

Município	Tem Unidade de transbordo no município	Responsável pela Unidade de Transbordo	Destinação Final	Quantidade média RSU/Rejeito aterrado por mês (t)	Possui coleta seletiva	Associação/ Cooperativa
Presidente Venceslau	Sim	Prefeitura	Aterro Sanitário G4/Regente Feijó	750,00	Sim	Associação Dos Catadores De Materiais Recicláveis De Presidente Venceslau
Rancharia	Sim	Prefeitura	Aterro Sanitário Revitá/Quatá	650,00	Sim	Cooperativa de Trabalho Dos Catadores de Materiais Recicláveis de Rancharia (UNIVENCE)
Regente Feijó	Não	-	Aterro Sanitário G4/Regente Feijó	372,00	Sim	Associação de Catadores de Materiais Recicláveis Rocha
Santo Anastácio	Sim	Prefeitura	Aterro Sanitário Nova Alta Paulista Ambiental/	365,00	Sim	Associação de Catadores de Santo Anastácio (ACASA)
Santo Expedito	Não	-	Aterro Sanitário Aterro Controlado em Vala	45,00	Não	Associação de Agentes Ambientais Prestadores de Serviços na Coleta e Triagem de Materiais Recicláveis de Santo Expedito (AAMS)

Fonte: Elaborado pela autora (2024) a partir de Prefeituras Municipais (2024) e Planilhas CIRSOP (2024)

5.3 PLANO DE GERENCIAMENTO INTEGRADO DE RESÍDUOS SÓLIDOS - PIGIRS

Os Planos Municipais de Gestão Integrada de Resíduos Sólidos (PMGIRS) são instrumentos da Política Nacional de Resíduos Sólidos. Esse documento descreve quais práticas e ações devem ser tomadas para coleta, manejo, acondicionamento e disposição final dos resíduos, além de orientar sobre ações preventivas e corretivas para o controle e reutilização dos resíduos, podendo ser realizado de forma regionalizada.

A responsabilidade pela elaboração dos planos recai sobre a União, os Estados, os Municípios e os geradores definidos na PNRS (Brasil, 2010), abrangendo todo o território ou local de realização do serviço ou atividade, no caso dos empreendimentos. Os Estados poderão definir planos setorizados para regiões metropolitanas, aglomerações urbanas e microrregiões com a participação dos municípios envolvidos (Plano Intermunicipal de Gestão Integrada de Resíduos Sólidos, 2020), formando consórcios intermunicipais para a gestão dos resíduos sólidos e implementação do plano intermunicipal.

Diante disso, em fevereiro de 2019, foi assinado um Termo de Colaboração entre o CIRSOP e a Fundação para o Desenvolvimento da Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho” – a FUNDUNESP, por intermédio da Faculdade de Ciências e Tecnologia (FCT) da UNESP, campus de Presidente Prudente, para a elaboração do Plano Intermunicipal de Gestão Integrada de Resíduos Sólidos (PIGIRS). do Consórcio Intermunicipal de Resíduos Sólidos do Oeste Paulista. O Plano tinha como objetivo ser instrumento de planejamento para a gestão regional dos resíduos sólidos nos dez municípios, à época integrantes do Consórcio.

O PIGIRS foi elaborado entre os anos de 2019 e 2020 e aprovado em plenária do CIRSOP em dezembro de 2020. No Plano foi proposta a metodologia de análise gravimétrica dos resíduos sólidos urbanos dos dez municípios consorciados, e as análises deveriam ter sido realizadas no ano de 2020, momento da elaboração do PIGIRS, porém, por questões sanitárias impostas pela pandemia da COVID-19, as mesmas tiveram que ser postergadas.

No geral, o PIGIRS conta com o diagnóstico dos resíduos sólidos nos municípios consorciados, prognóstico da gestão de resíduos com diferentes

cenários, e ainda, conta com um Plano de Ações alinhado às metas do Plano Nacional de Resíduos Sólidos, com proposição de tratamentos e aproveitamentos dos resíduos, apresentando metas de porcentagens de materiais destinados para reciclagem; porcentagem de resíduos tratados nos TMB (Tratamento Mecânico Biológico); porcentagem de resíduos tratados por tratamento térmico; porcentagem de resíduos que deixará de ser aterrada; porcentagem de resíduo aterrada e porcentagem de resíduo não coletada, que juntas completam 100% dos resíduos. As metas são de curto (5 anos), médio (10 anos) e longo prazo (20 anos) a partir do ano de 2021 com ponto de partida em 2020 com 86,85% dos resíduos aterrados em 2020 e final com 31,77% dos resíduos aterrados em 2040 (Plano Intermunicipal de Gestão Integrada de Resíduos Sólidos, 2020, p. 343).

Para orientar a execução do Plano de Ações proposto, foram organizados sete Eixos de Atuação para a execução do Plano em conjunto com as prefeituras municipais consorciadas e parceiros. Os Eixos apresentam objetivos e articulações com as diretrizes e programas, propostas para ações e indicações de fontes de recurso e custos.

O Eixo com maior enfoque em 2024 e trabalhado em parceria com a FCT/Unesp, desde a aprovação do Plano, é o Eixo 1, votado para educação ambiental para gestão de resíduos sólidos nos municípios consorciados.

5.4 PROJETO FEP/CAIXA

O Consórcio Intermunicipal de Resíduos Sólidos do Oeste Paulista por meio do Fundo de Apoio à Estruturação de Projetos de Concessão e Parcerias Público - Privadas da União, dos Estados e do Distrito Federal e dos Municípios – FEP CAIXA, estruturou a concessão dos serviços de coleta, transbordo, transporte, tratamento e disposição final de resíduos sólidos urbanos em 10 dos 13 municípios consorciados, sendo eles: Álvares Machado, Caiabu, Martinópolis, Paraguaçu Paulista Presidente Bernardes, Presidente Prudente, Santo Anastácio, Santo Expedito, Rancharia e Regente Feijó, participantes do PIGIRS (CIRSOP, 2024).

No entanto, nem todos os participantes do projeto fazem parte do edital de concorrência pública para concessão do serviço de manejo dos resíduos

sólidos urbanos, apenas os municípios de Álvares Machado, Caiabu, Martinópolis, Presidente Bernardes, Presidente Prudente, Regente Feijó, Santo Anastácio e Santo Expedito (CIRSOP, 2024).

De acordo com o escopo do projeto disponibilizado, estão incluídos no escopo do projeto a coleta, transbordo, transporte, tratamento e destinação final dos resíduos sólidos urbanos nos municípios. Dos municípios participantes da concessão, apenas Presidente Prudente não incluiu na concessão o serviço de coleta dos RSU, que continuará sob responsabilidade da Companhia Prudentina de Desenvolvimento – Prudenco. De acordo com o Projeto, também estão fora do escopo as atividades de limpeza pública e coleta seletiva.

Durante a elaboração do Projeto FEP/CAIXA, assim como previsto no Eixo 6 do PIGIRS, foram utilizados os resultados das gravimetrias dos resíduos sólidos urbanos dos municípios consorciados, com as características quantitativas e qualitativas dos resíduos sólidos urbanos.

De acordo com o Projeto FEP/CAIXA, conforme as características dos resíduos, a rota tecnológica mais coerente diante dos dados encontrados pela análise multicritério, seria a Rota Tecnológica 4, com triagem mecânica, biodigestão e compostagem dos resíduos. O processo de tratamento também inclui a separação de recicláveis e a geração de combustível derivado de resíduo (CDR), biogás e composto.

Além disso, de acordo com CIRSOP (2024) o Projeto FEP/CAIXA tem como proposta de reciclar o que é reciclável, proporcionando a redução de orgânicos aterrados em 36,70%, aumentando a recuperação de recicláveis em 32,58%, promovendo a recuperação energética de 14,60%, totalizando um desvio de aterro de 66,02% (Tabela 3).

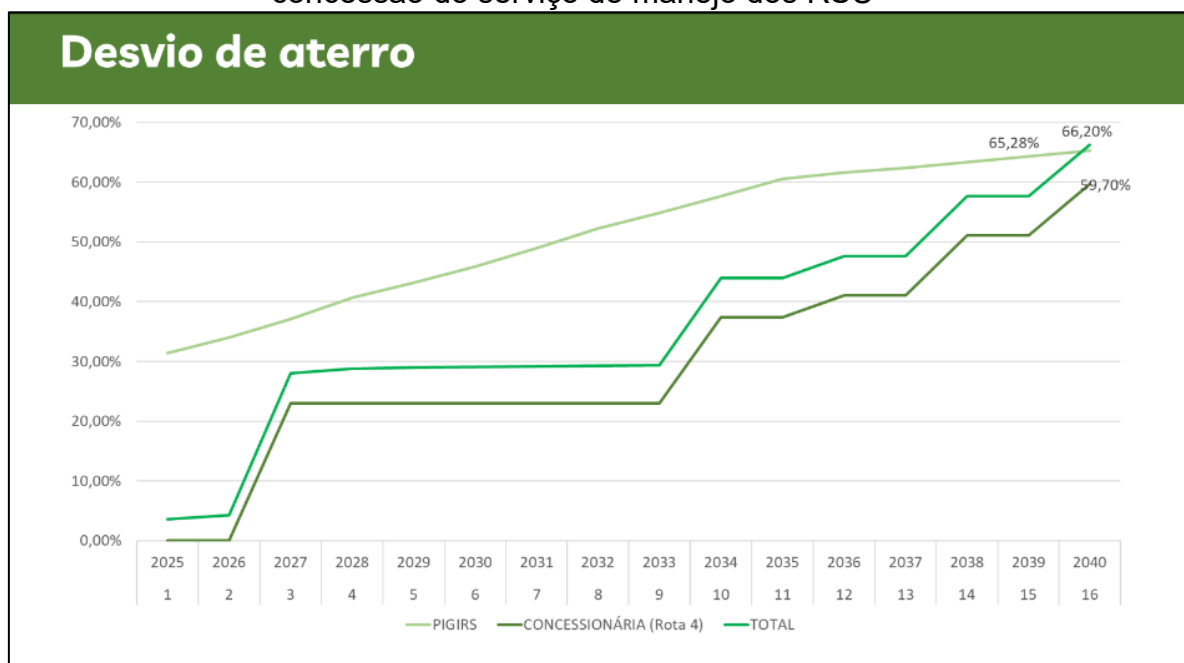
Tabela 3 - Estimativas da rota referencial do tratamento de resíduos no Projeto FEP/CAIXA

Estimativas da Rota Referencial	
Redução de orgânicos	36,70%
Recuperação de recicláveis	32,58%
Recuperação energética	14,60%
Desvio de aterro	66,02%

Fonte: Elaborado pela autora (2024) a partir de Projeto FEP/CAIXA (2024)

Conforme indicado pelo Projeto FEP CAIXA, para a elaboração de metas, a concessão está alinhada à proposição de metas do PIGIRS (Figura 9).

Figura 10 - Projeção de desvio de resíduos do aterro no Projeto FEP/CAIXA de concessão do serviço de manejo dos RSU



Fonte: Projeto FEP/CAIXA (2024)

A parceria e estudos realizados fortalecem o proposto por Logarezzi (2007, p. 221), que considera fundamental para que os objetivos de gestão de resíduos sólidos sejam alcançados haja a articulação entre agentes do poder público com ações estruturais no projeto e agentes acadêmicos nas atividades de pesquisa.

6. GRAVIMETRIA REALIZADA

O estudo gravimétrico foi realizado nos 13 municípios consorciados ao CIRSOP, orientado por docentes da FCT/UNESP, com a participação de alunos de graduação, com vínculo de estágio com o CIRSOP.

Além disso, houve o apoio técnico da direção do CIRSOP, dos gestores municipais através das Secretarias Municipais, das cooperativas e empresas privadas prestadoras de serviços relacionados à gestão de resíduos nos municípios consorciados.

6.1 METODOLOGIA

Para a realização da análise gravimétrica, de acordo com o Relatório de Gravimetria, seguiu-se a metodologia proposta em CIRSOP-PIGIRS (2020), que se baseou em Vilhena (2018); Soares (2011) e na Associação Brasileira de Normas Técnicas (2004b) que “*fixa os requisitos exigíveis para amostragem de resíduos sólidos*”.

6.1.1 Planejamento da Gravimetria

O planejamento das gravimetrias incluiu as etapas de coleta de dados atualizados referentes à coleta convencional dos RSU dos municípios consorciados. Para isso, foram coletadas as seguintes informações de cada município:

- Setorização da coleta convencional;
- Rotas de cada um dos caminhões (bairros), os horários que percorrem a cidade e que terminam a coleta;
- Quantidade de caminhões coletados por dia;
- Endereço completo da área em que seria realizada a gravimetria;
- Horário que os caminhões chegam e descarregam;
- Peso dos caminhões, vazios e cheios (com os resíduos coletados);
- Materiais para campo.

Ademais, para a realização do estudo, dentre os materiais utilizados em cada análise gravimétrica, tem-se:

- Lona;
- 1 balança digital com capacidade de 150 kg e com precisão de 30 g;
- 1 balança digital de 40 kg e precisão de 5 g;
- Sacos plásticos de 50 L;
- EPIs (luvas, máscaras, botas, aventais);
- Pás para a coleta e enxadas para manusear os resíduos;
- Bombonas para coleta das amostras;
- Balança para pesar o caminhão sem e com os resíduos sólidos;
- Itens de higiene (água, sabão, álcool em gel).

Os recursos humanos também foram essenciais para realização do estudo. Houve a participação da equipe da Unesp para coordenar o processo de gravimetria, com o apoio técnico e operacional do CIRSOP e dos municípios consorciados, com a participação de pelo menos um técnico municipal responsável pelo fornecimento de dados e informações, organização de materiais, e de trabalhadores e de catadores na separação e pesagem dos materiais presentes nos resíduos sólidos.

Dessa forma, ocorreu o planejamento das gravimetrias com a definição de melhores opções logísticas para abranger o máximo de rotas de coleta de resíduos sólidos possíveis.

6.1.2 Etapas da Gravimetria

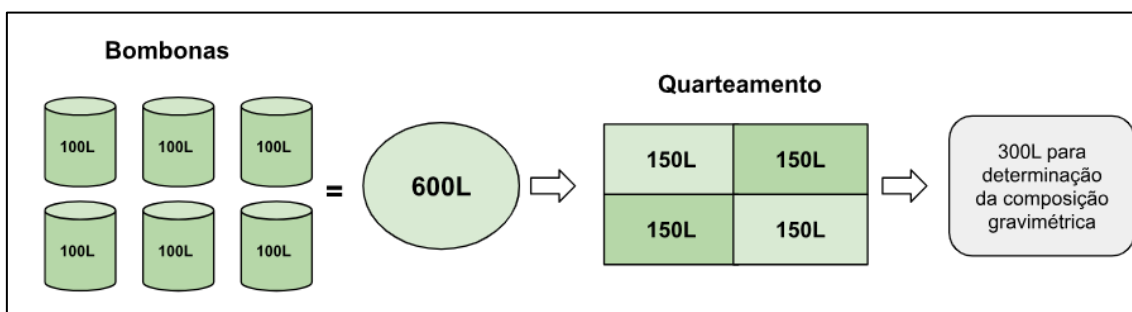
Para a realização das gravimetrias, houve a etapa de planejamento de forma individual para cada município com a seleção dos caminhões compactadores de coleta com rotas e setores conhecidos. Com isso, ocorria a coleta com caminhões compactadores e os motoristas eram orientados a fazer o descarregamento do caminhão no local escolhido para análise gravimétrica.

Em seguida, era realizada a pesagem das bombonas vazias e coletadas amostras de partes de diametralmente opostas, gerando uma amostra de 600 L de resíduos e sua transferência para outro espaço.

Como houve variações de materiais de acordo com a disponibilidade de cada município, houve diferenciação no volume das bombonas e quantidade de bombonas amostradas, no entanto, o ideal era coletar 600L por caminhão.

Com a realização da amostragem das pilhas de resíduos, havia a abertura dos sacos plásticos e mistura dos resíduos de forma homogênea e realização do quarteamento da amostra, dividindo-a em quatro quadrantes, com cerca de 150 L de resíduos cada e seleção de duas partes diametralmente opostas para obter uma amostra de 300L (Figura 10);

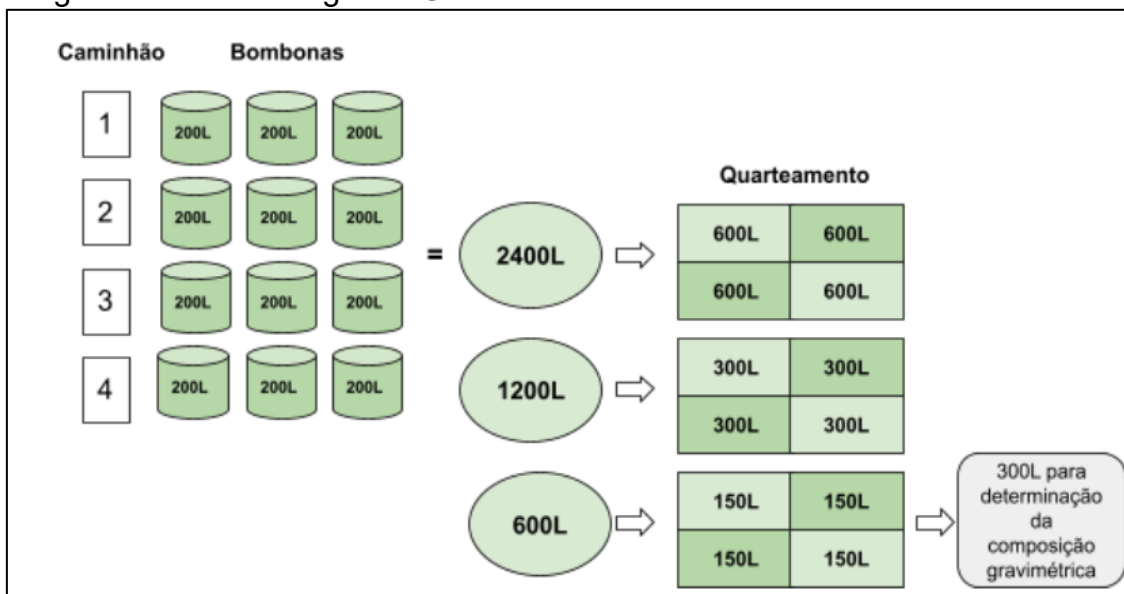
Figura 11 - Metodologia de Gravimetria com um caminhão



Fonte: Relatório de Gravimetria CIRSOP (2024)

Para alguns municípios, foram amostrados até quatro caminhões, coletando 600L de partes diametralmente opostas da pilha, totalizando 2400L de resíduos. Da mesma forma, havia a abertura dos sacos plásticos e mistura dos resíduos de forma homogênea e realização do quarteamento da amostra. Com a seleção de duas partes diametralmente opostas para realizar um novo quarteamento até a obtenção da fração desejada, cerca de 300L (Figura 11);

Figura 12 - Metodologia da Gravimetria realizada com mais de um caminhão



Fonte: Relatório Municipal de Gravimetria de Presidente Prudente (2024)

Com a obtenção das amostras, houve a pesagem da amostra total restante (cerca de 300 L) de resíduos sólidos e a separação e pesagem dos resíduos sólidos por tipologia (Figura 12), com exceção da matéria orgânica, que teve seu peso obtido pela diferença entre a soma dos pesos dos diferentes tipos de resíduos e o peso total da amostra;

Figura 13 – Exemplo de separação por tipologia de resíduos no município de Iepê: (a) Embalagens Multicamada e (b) Alumínio



Fonte: Fotos do Relatório de Gravimetria (2024)

Para a pesagem das bombonas e dos sacos plásticos também houveram adaptações de materiais, em cada um deles foram utilizadas balanças diferentes.

Ao final, era realizada a homogeneização dos resíduos anteriormente pesados, com a matéria orgânica restante ao final da gravimetria, para retirada de uma amostra de aproximadamente 2 kg, que foi armazenada sob refrigeração em laboratório na FCT Unesp e, posteriormente, enviada para caracterização físico-química em laboratório credenciado.

6.1.3 Tipologia de Resíduos

A separação por tipologias de resíduos ocorreu de acordo com as categorias descritas no Quadro 3. Essa separação foi definida na metodologia gravimétrica proposta pelo Plano Intermunicipal de Gestão Integrada de Resíduos Sólidos (2020).

Quadro 3 - Tipologia de resíduos segregados na gravimetria

TIPO DE MATERIAL	DESCRIÇÃO (EXEMPLOS)
Matéria Orgânica	Restos de alimentos, folhas, grama e terra etc.
PET	Frascos de refrigerante, suco e cosméticos etc. Identificados pelo número 1.
PEAD	Frascos de produtos de limpeza e higiene pessoal, sacolas de mercado (mais resistentes), plásticos que envolvem PETs nos engradados, embalagens de alimentos (sacos de arroz, açúcar, feijão etc.). Identificados pelo número 2.
PVC	Tubulações, forros e alguns tipos de brinquedos etc. Identificados pelo número 3.
PEBD	Sacolas de mercado (menos resistentes), embalagens para alimento, por exemplo: plásticos laminados (embalagens de salgadinho, molho pronto etc.), revestimentos de tubos, mangueiras etc. Identificados pelo número 4.
PP	Materiais de uso laboratorial, uso médico, não-tecidos (TNT), embalagens de alimentos (achocolatados, manteiga etc.). Identificados pelo número 5.
PS	Isopor, plásticos de uso único (copos e pratos descartáveis) etc.

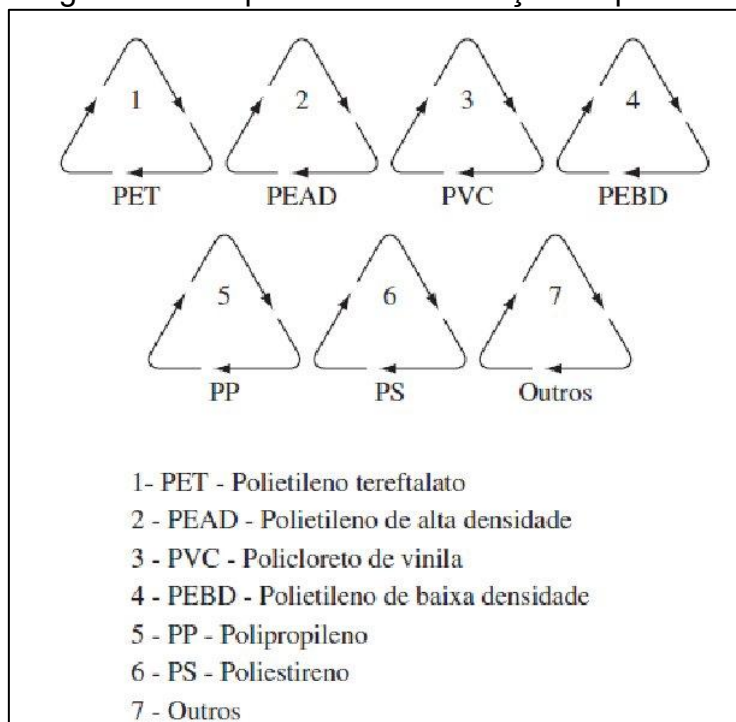
TIPO DE MATERIAL	DESCRIÇÃO (EXEMPLOS)
	Identificados pelo número 6.
Outros plásticos.	Plásticos não categorizados anteriormente, resinas plásticas, misturas de plásticos, CDs e fitas adesivas etc.
Embalagem Longa Vida	Embalagens de leite, sucos, achocolatados, creme de leite e leite condensado etc.
Papel e Papelão	Caixa de papelão, papel Craft, sulfite e envelopes etc.
Alumínio	Latas de refrigerante e cerveja etc.
Outros Metais	Utensílios domésticos, latas de tintas e aerossóis etc.
Vidro	Garrafas de bebidas etc.
Resíduos da logística reversa	Resíduos eletroeletrônicos, pilhas e baterias, lâmpadas, pneus, embalagens de agroquímicos, embalagens de óleos lubrificantes, medicamentos e suas embalagens etc.
Outros Resíduos	Borracha, têxteis, madeira e outros que não foram descritos acima.
Rejeito	Papéis sanitários, absorventes, fraldas, cotonete, algodão, entre outros.

Fonte: Relatório de Gravimetria CIRSOP (2024)

Com isso, tem-se o detalhamento das tipologias de plásticos, que, a princípio, podem tecnicamente ser submetidos à reciclagem mecânica. No entanto, os plásticos que de fato são reciclados variam dependendo da sua utilização, sendo esta seleção atrelada ao valor econômico e volume de material disponível para reciclagem (Coltro; Gasparino e Queiroz, 2008, p.121).

Para a identificação das tipologias de plásticos, foram utilizados os símbolos de identificação da resina nas embalagens. No entanto, a identificação não garante que a mesma é adequada para a reciclagem, sendo a etiqueta (Figura 13) mais relevante para permitir que o material não comprometa a qualidade das cadeias de reciclagem (Coltro; Gasparino e Queiroz, 2008, p.121 *apud* Plastic New Zeland, 2016).

Figura 14 - Etiquetas de identificação de plástico



Fonte: ABNT (1994) *apud* Candido (2016)

Com isso, foram utilizadas as separações de tipologias conforme as etiquetas de identificação, e em caso de ausência delas, a separação ocorria conforme as observações dos catadores de materiais recicláveis, docentes e alunos presentes.

6.1.4 Cálculos

A partir das informações obtidas sobre o peso total da amostra de RSU, geralmente de 300L, e o peso de cada tipo de resíduo separado durante a gravimetria, foi realizado o cálculo da porcentagem relativa de cada tipologia:

$$\% \text{ do resíduo na amostra} = \left(\frac{\text{peso do tipo de resíduo (Kg)}}{\text{peso total da amostra (Kg)}} \right) * 100 \quad (\text{Equação 2})$$

Nos municípios onde foram realizadas mais de uma gravimetria, foi calculada a média aritmética de cada fração de resíduo e somado para obter a amostra média dos RSU do município.

Para atingir o valor total da composição gravimetria dos RSU nos treze municípios consorciados, foi calculada a média dos valores de tipologia municipais (Equação 3), a soma dos valores encontrados para cada tipologia e por fim, o cálculo da porcentagem de cada tipologia em relação à soma total.

$$\% \text{ média do resíduo} = \left(\frac{\sum_{i=1}^{\text{N}^\circ \text{ de municípios}} \% \text{ do resíduo na amostra}}{\text{N}^\circ \text{ de municípios}} \right) \quad (\text{Equação 3})$$

Os valores utilizados nas equações eram anotados em tabelas impressas durante a gravimetria, e os cálculos citados foram realizados em planilhas digitais.

7. RESULTADOS

De acordo com dados do Relatório de Gravimetria dos RSU, tem-se que ao todo foram realizadas 38 gravimetrias nos treze municípios consorciados, sendo o mínimo uma gravimetria por município, em Caiabu, Iepê, Rancharia e Santo Expedito, e no máximo nove gravimetrias, realizadas no município de Paraguaçu Paulista.

O maior número de caminhões amostrados ocorreu no município de Presidente Prudente, com 24 caminhões amostrados em 6 gravimetrias. Na maior parte dos municípios, integrantes do CIRSOP foi realizada a amostragem de 100% das rotas realizadas pelos caminhões, com exceção dos municípios de Iepê, Presidente Prudente e Regente Feijó, por questões logísticas.

Ademais, o município com maior número de dias necessários para realização das gravimetrias foi Presidente Prudente, com 6 dias distintos de trabalho devido à quantidade expressiva de RSU. Diante disso, na metodologia eram necessários de 3 a 4 caminhões para a realização de uma gravimetria e ainda, havia diferentes horários e rotas adotadas pelos caminhões para que não houvesse repetição de setores amostrados.

As informações apresentadas podem ser verificadas no Quadro 4 com o panorama geral da realização das gravimetrias nos municípios do CIRSOP.

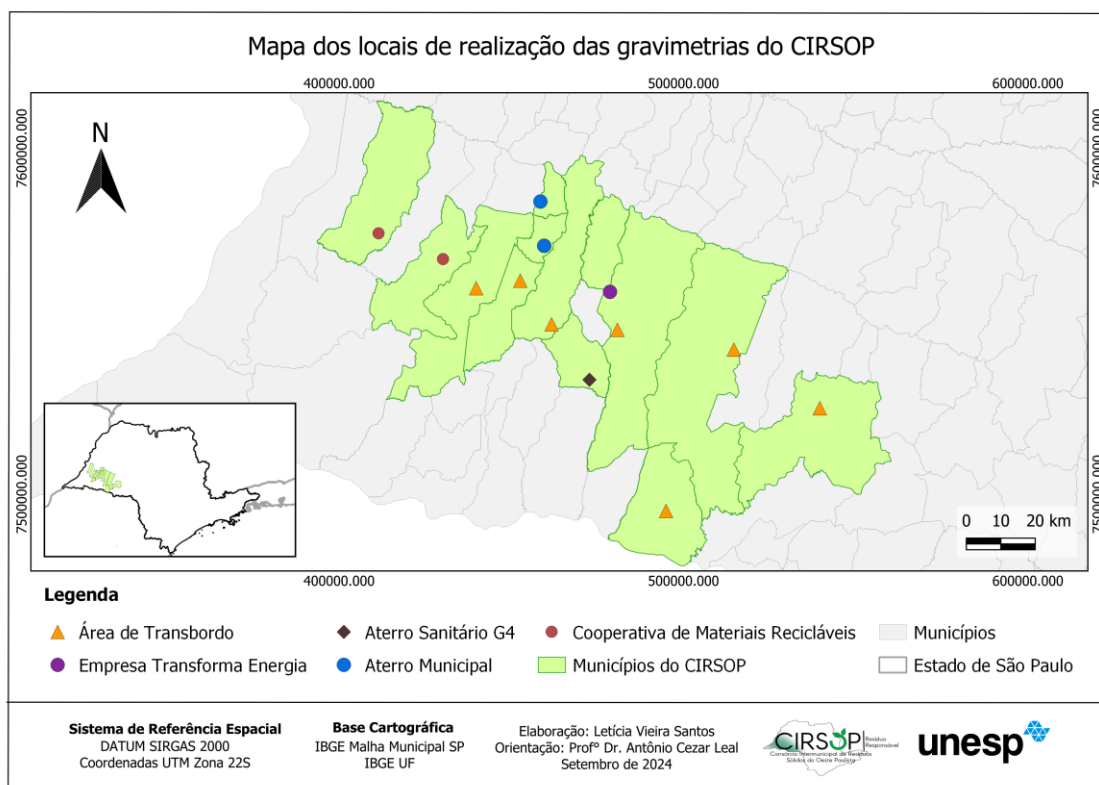
Quadro 4 - Informações Gerais sobre a Gravimetria

Município	Quantidade e datas das Gravimetrias	Rotas Amostradas (%)	Rotas	Local	Nº de dias	Nº de Caminhões Amostrados
Alfredo Marcondes	2-23/06/2023	100,00	Centro e Bairro	Aterro Municipal de Alfredo Marcondes (21°57'28" S 51°23'31" W)	1	2
Álvares Machado	1-04/08/2023 1-08/08/2023 1-09/08/2023	100,00	1, 2, 3, 4, 5, 7, 9, 8, 10 e Centro	Unidade de transbordo de RSU (22°02'55.1"S, 51°27'34.1"W)	3	7
Caiabu	1-27/01/2023	100,00	Toda área de coleta	Transforma Energia – Central de Tratamento de Resíduos (22°04'42"S 51°12'25"W)	1	1
Iepê	1-10/11/2023	75,00	1,2,3,4,5	Área de transbordo (22°39'02.0"S 51°02'57.9"W)	1	1
Martinópolis	1-22/09/2023 1-24/10/2023	100,00	-	Unidade de transbordo (22°10'39.0"S 51°11'10.0"W)	2	7
Paraguaçu Paulista	4-19/05/2023 5-20/05/2023	100,00	1,2,3,4,5,6,7,8,9	Área de transbordo 22°22'54.5"S 50°36'55.6"W	2	9
Presidente Bernardes	4-16/12/2022	100,00	A e B	Área de transbordo 22° 04 '03.9 "S, 51° 35' 01.2"W	1	4
Presidente Prudente	1- 06/10/2023 2-09/10/2023 1-10/10/2023 1-19/10/2023 1-26/10/2023	66,67	Rotas 2, 4, 6, 7, 8, 10, 12, 13, 14, 16, 17, 18, 21, 22, 23, 24, 26, 27, 28, 30, 31, 32, 34, 36	Área de transbordo 22°09'46"S 51°22'18"W	6	24
Presidente Venceslau	1-28/08/2023 1-30/10/2023	100,00	1, 2, 3, 4, 5, 6, 8	Aterro Municipal 21° 55' 24.3" S 51° 51'27.5" W	2	7
Rancharia	1-25/09/2023	100,00	1, 2	Área de transbordo 22°13'44.8"S 50°51'29.5"W	1	3
Regente Feijó	1-04/07/2023 1-07/07/2023	60,00	4, 8, 1, 3	Central G4 22° 18' 10"S, 51° 15 '48"W	2	2
Santo Anastácio	2-29/03/2023 2-30/03/2023	100,00	1, 2, 3, 4	Cooperativa 21° 59' 29.5"S 51° 40' 36.2"W	2	4
Santo Expedito	1-01/09/2023	100,00	Toda área de coleta	Aterro Municipal 21° 50' 31.7"S 51°24'07.6"W	1	1
Total	38				25	72

Fonte: Elaborado pela autora (2024) a partir dos Relatórios Municipais de Gravimetria CIRSOP (2024)

De acordo com as localizações de realização das gravimetrias apresentadas no Relatório de Gravimetrias de RSU, tem-se a seguinte espacialização dos locais de realização das gravimetrias (Figura 14), indicando que a maior parte delas realizadas em áreas de transbordo dos municípios consorciados.

Figura 15 - Mapa com locais de realização das gravimetrias



Fonte: Elaborado pela autora (2024) a partir de IBGE (2022c)

De acordo com o Relatório de Gravimetria do CIRSOP, a partir da realização dos cálculos apresentados, foram obtidos os seguintes dados da composição gravimétrica dos resíduos oriundos da coleta convencional (Tabela 4).

Tabela 4 - Média da composição gravimetria dos RSU do CIRSOP

Municípios	Matéria Orgânica	Plásticos	Vidro	Papel e papelão	Metais	Embalagem Multicamada	Rejeitos	Outros	Total
Alfredo Marcondes	58,03	10,74	2,81	7,41	0,71	1,04	6,67	12,59	100,00
Álvares Machado	57,98	10,51	1,23	2,69	0,45	0,70	24,18	2,26	100,00
Caiabu	50,85	19,85	2,87	5,53	2,23	1,61	14,92	2,14	100,00
Iepê	50,36	28,81	5,70	6,30	2,42	1,57	2,66	2,18	100,00
Martinópolis	65,87	15,75	0,19	3,56	0,84	1,05	6,33	6,41	100,00
Paraguaçu Paulista	63,58	14,47	0,76	3,76	0,61	1,43	11,54	3,85	100,00
Presidente Bernardes	55,39	12,98	2,60	7,10	0,86	1,63	11,39	8,05	100,00
Presidente Prudente	58,79	17,21	1,53	7,19	1,47	0,79	7,04	5,98	100,00
Presidente Venceslau	62,92	15,41	2,71	2,79	0,82	0,81	11,06	3,48	100,00
Rancharia	54,97	16,49	1,30	6,49	1,49	0,91	10,40	7,95	100,00
Regente Feijó	60,01	15,21	2,44	4,71	0,86	0,38	12,16	4,23	100,00
Santo Anastácio	63,00	11,34	1,48	3,53	0,64	0,24	15,49	4,28	100,00
Santo Expedito	52,71	20,25	1,70	1,61	0,42	0,76	14,58	7,97	100,00
Média	58,04	16,08	2,10	4,82	1,06	0,99	11,42	5,49	100,00

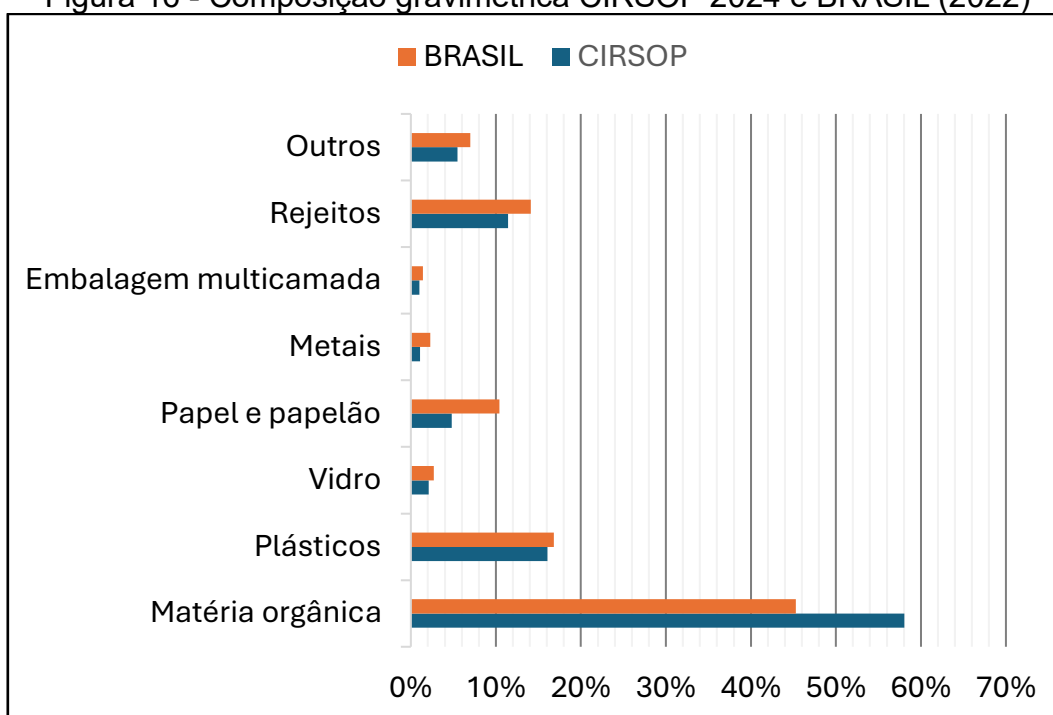
Fonte: Elaborado pela Autora (2024) a partir do Relatório Geral de Gravimetria CIRSOP (2024)

Os resultados da gravimetria dos RSU apontam para o que afirma Logarezzi (2004, p. 224), de que muitos resíduos são tratados como lixo e aterrados, incluindo não somente inservíveis, mas também, e de forma ambientalmente incorreta, resíduos reutilizáveis e recicláveis, incluindo, no caso da gravimetria realizada, plásticos (16,08%), embalagem multicamada (0,99%), vidro (2,10%) (metais 1,06%) e embalagem multicamada, papel e papelão (4,82%) totalizando aproximadamente (25,77%) de materiais potencialmente recicláveis secos e destinados aos aterros sanitários pelos municípios do CIRSOP.

Ainda, a porção de matéria orgânica identificada foi a maior parte dos RSU (Figura 15), representando 58,04% de materiais que poderiam ser utilizados nas usinas de recuperação e compostagem anteriormente citadas.

Em comparação com dados da gravimetria nacional, foram identificados uma porcentagem maior de matéria orgânica, menor de papel e papelão e metais. Nas demais categorias, os resultados são similares.

Figura 16 - Composição gravimétrica CIRSOP 2024 e BRASIL (2022)



Fonte: Elaborado pela Autora (2024) a partir de Brasil (2022) e Relatório de Gravimetria CIRSOP (2024)

Neste caso de destinação de resíduos e não somente rejeitos para aterro, há possibilidade de melhorias no descarte seletivo e também na coleta seletiva,

para que os resíduos possam ter seu potencial social, ambiental e econômico aproveitados, visto que quando descartados sem segregação, recebem características de sujidade e inutilidade.

A partir do maior detalhamento das tipologias de plásticos apresentados nos Relatórios Municipais de Gravimetria, foi possível organizar os dados na Tabela 5, com as tipologias de plástico identificadas.

Tabela 5 - Tipologias de Plástico nas Gravimetrias

Municípios	PET	PEAD	PVC	PEBD	PP	PS	Outros plásticos	Total de Plásticos
Alfredo Marcondes	1,47	4,00	0,00	4,44	0,00	0,83	0,00	10,74
Álvares Machado	1,40	3,54	0,00	4,34	0,89	0,33	0,00	10,50
Caiabu	2,43	6,19	0,00	6,56	2,28	0,69	1,70	19,85
Iepê	2,54	16,10	0,00	6,05	0,24	2,66	1,21	28,80
Martinópolis	1,88	6,26	0,00	6,01	0,44	0,50	0,66	15,75
Paraguaçu Paulista	1,97	3,12	0,00	7,89	0,12	1,28	0,08	14,46
Presidente Bernardes	4,33	3,46	0,00	1,40	3,79	0,00	0,00	12,98
Presidente Prudente	1,67	7,28	0,39	5,24	0,28	1,45	0,90	17,21
Presidente Venceslau	1,37	5,09	0,06	7,69	0,18	0,63	0,39	15,41
Rancharia	1,75	3,57	0,00	6,53	0,55	1,01	3,08	16,49
Regente Feijó	2,75	4,81	0,00	5,39	0,35	1,24	0,67	15,21
Santo Anastácio	0,74	5,60	0,14	3,99	0,15	0,72	0,00	11,34
Santo Expedito	2,12	8,05	0,42	6,69	0,42	0,93	1,61	20,24

Fonte: Elaborado pela Autora (2024) a partir dos Relatórios Municipais de Gravimetria CIRSOP (2024)

A partir dos resultados da gravimetria foi possível identificar que no município de Iepê, onde não existe cooperativa, 28,80% do material enviado para aterro é composto de plásticos, em específico 16,10% de plástico de alta

densidade. Essa proporção pode ser visualizada na Figura 16 da etapa de quarteamento dos RSU em Iepê.

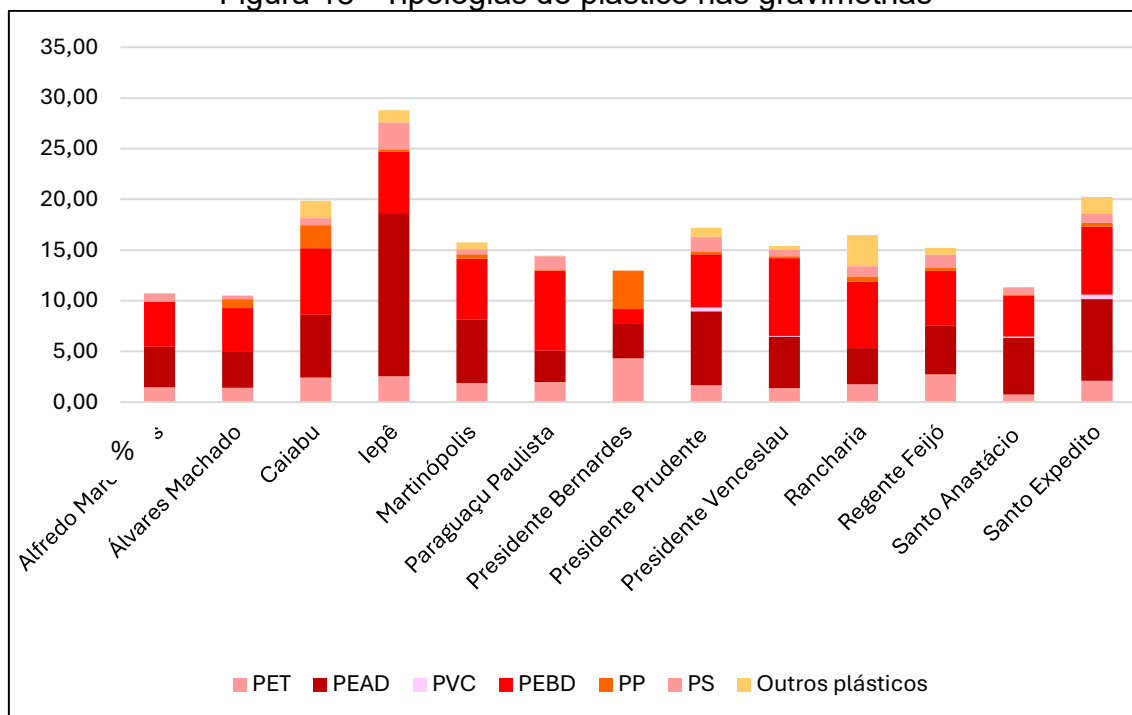
Figura 17 - Quarteamento dos resíduos no município de Iepê



Fonte: Fotos do Relatório de Gravimetria CIRSOP (2024)

Para visualização dos dados de plástico nas gravimetrias, a Figura 17 mostra que os municípios com a maior quantidade de plástico aterrado são aqueles que não apresentavam coleta seletiva ou que tiveram problemas operacionais para realizar a coleta na semana de realização do estudo.

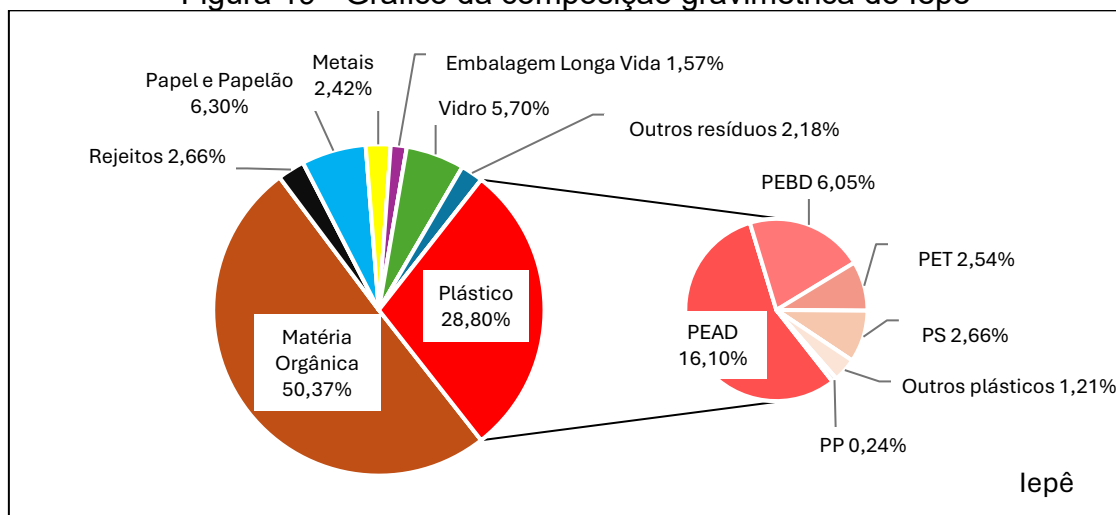
Figura 18 - Tipologias de plástico nas gravimetrias



Fonte: Elaborado pela Autora (2024) a partir dos Relatórios Municipais de Gravimetria CIRSOP (2024)

Nos municípios com a maior quantidade de plástico aterrado, Iepê (28,20%) e Santo Expedito (20,24%), a maior quantidade de plástico aterrado é PEAD (Figura 18).

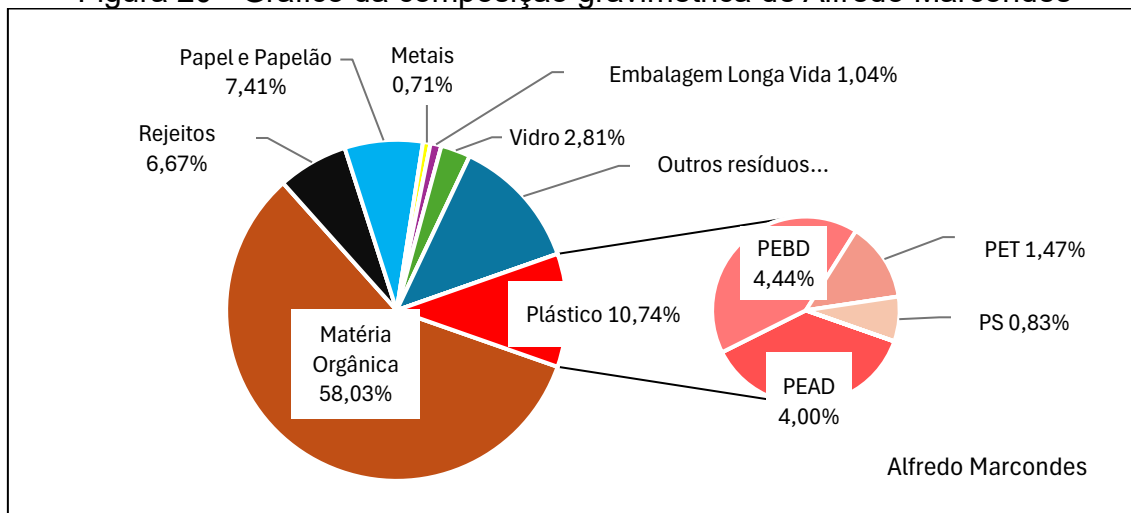
Figura 19 - Gráfico da composição gravimétrica de Iepê



Fonte: Elaborado pela autora (2024) a partir do Relatório Municipal de Gravimetria de Iepê (2024)

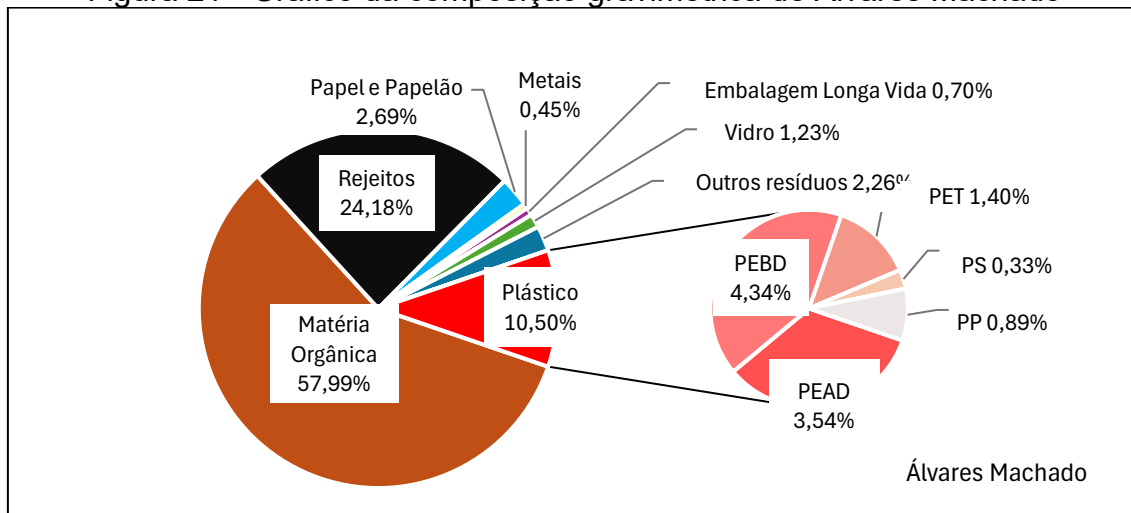
Nos municípios de Alfredo Marcondes (10,74%) e Álvares Machado (10,50%) com a menor quantidade de plástico aterrado, não foi identificada diferença relevante entre as tipologias de plástico, apenas a predominância de PEAD e PEBD conforme indicados nas Figuras 19 e 20.

Figura 20 - Gráfico da composição gravimétrica de Alfredo Marcondes



Fonte: Elaborado pela autora (2024) a partir do Relatório Municipal de Gravimetria de Alfredo Marcondes (2024)

Figura 21 - Gráfico da composição gravimétrica de Álvares Machado



Fonte: Elaborado pela autora (2024) a partir do Relatório Municipal de Gravimetria de Álvares Machado (2024)

Com a diminuição do percentual de plástico destinado ao aterro pela coleta convencional, nos municípios com atuação das associações e cooperativas, recomenda-se que o CIRSOP, catadores e Prefeitura Municipal de Iepê atuem em conjunto para a organização de uma cooperativa ou associação

municipal de catadores visando à diminuição da quantidade de materiais recicláveis secos coletados pela coleta convencional.

8. RECOMENDAÇÕES

Diante das informações apresentadas, propõe-se as seguintes recomendações:

A. Gravimetria

I. Geral

- **Equipe e equipamentos únicos para as gravimetrias:** Para garantir a uniformidade dos resultados, recomenda-se a organização de uma equipe única e com equipamentos próprios para a realização de gravimetrias em todos os municípios. Isso evitará discrepâncias na separação e classificação dos materiais, otimizando o processo. Além disso, recomenda-se registrar nos relatórios os nomes dos participantes da triagem para reconhecer e valorizar sua contribuição.
- **Metodologia das futuras gravimetrias:** Para futuras gravimetrias, sugere-se que seja utilizada metodologia similar à apresentada para os resíduos sólidos urbanos, adaptando-se à tipologia e aos volumes específicos dos materiais.
- **Peso específico dos resíduos:** Na gravimetria realizada nos municípios do CIRSOP, o cálculo do peso específico dos resíduos não foi efetuado, embora seja possível estimá-lo com base nos dados de peso e volume das bombonas. Para futuras gravimetrias, o cálculo do peso específico pode ser realizado, levando em conta tanto a condição de compactação quanto sem compactação do resíduo, conforme as preferências e a aplicação dos resultados.

II. Específica

- **Gravimetria nas cooperativas:** Para complementar as informações apresentadas no trabalho, é recomendada a realização de gravimetrias em cooperativas de todos os municípios consorciados a partir do ano de 2025, como forma de atualizar as informações do PIGIRS, incluindo a separação dos materiais coletados seletivamente e dos rejeitos da cooperativa após sua triagem, para obter os tipos e quantidades de materiais que podem ser reciclados verificando se em caso de baixa comercialização, existem dificuldades na triagem, na falta de compradores e falta de soluções técnicas.

Essa informação é importante visto que, apesar de coletados seletivamente, os materiais passam pelo processo de triagem, comercialização e destinação dos rejeitos para aterro, sendo necessário mensurar esse processo assim como realizado nos RSU.

- **Análise físico-química dos RSU:** A realização da análise físico-química dos RSU visava fornecer insumos para que os autores do projeto de concessão para avaliação de rotas de tratamento dos resíduos. Com isso, a não ser que seja visto como necessário para obtenção de dados, recomenda-se que não seja realizado novamente para fins de caracterização gravimétrica visto que apenas a caracterização por tipologia fornece informações necessárias sobre composição, e as análises físico-químicas implicam em custos adicionais relevantes e cuidados logísticos de armazenamento para realização da análise.
- **Outras separações nas gravimetrias de RSU:** Apesar de ter sido realizada a classificação dos resíduos por tipologia, não houve a pesagem individualizada dos materiais recicláveis que estavam muito fragmentados ou impregnados por rejeitos ou matéria orgânica. Esses materiais foram agrupados e contabilizados junto aos rejeitos. Para obter dados mais precisos,

sugere-se que nas próximas coletas seja realizada a pesagem separada desses materiais recicláveis.

- **Resíduos de limpeza urbana**: Na análise gravimétrica realizada não foi especificada a influência da limpeza urbana, especialmente de folhagens, na composição dos resíduos da coleta convencional. A destinação desses resíduos para os aterros pode ter contribuído para maior quantidade de matéria orgânica encontrada nas amostras. Assim, recomenda-se que os resíduos de limpeza urbana, os quais compõem os RSU, possam ser analisados antes da coleta convencional em estudos futuros de gravimetria nos municípios.

B. Gestão

I. Geral

- **Melhoria do descarte e coleta seletiva**: Recomenda-se a realização de ações de Educação Ambiental conforme o PIGIRS-CIRSOP, Eixo 1 de Educação Ambiental para gestão dos RSU, com a criação dos Planos Municipais ou de Plano Regional de Educação Ambiental.
- **Atualização dos contratos com as cooperativas**: Com base nas tipologias e quantidades de materiais coletados e comercializados nas cooperativas e os rejeitos que vão para os aterros, propõe-se a análise e, se necessário, a revisão dos contratos com as cooperativas de catadores, com cláusulas que devem incluir metas progressivas de comercialização dos materiais e de redução de rejeitos, visando a otimização do serviço prestado, bem como valores diferenciados para o cumprimento de metas.

Além disso, sugere-se a inclusão dos trabalhadores das cooperativas na elaboração e implementação dos Planos Municipais ou do Plano Regional de Educação Ambiental.

- **Mensurar os resultados das ações de educação ambiental:** É indicado o levantamento de informações sobre as tipologias e quantidades de materiais coletados pelas cooperativas, como forma de mensurar os resultados das ações de Educação Ambiental propostas.
- **Papel do CIRSOP:** Para o gerenciamento dos rejeitos e matéria orgânica, tem-se o planejamento realizado para o manejo de RSU nos municípios consorciados com o Projeto FEP/CAIXA. No entanto, conforme sua execução, deve ocorrer a organização do CIRSOP com a obtenção de um corpo técnico capacitado para realizar o monitoramento dos índices de desvio de resíduos do aterro, aproveitamento energético e porcentagem de materiais reciclados nos municípios consorciados, atuando principalmente como um agente de relações entre as cooperativas e a concessionária, visto que nas gravimetrias, os trabalhos realizados por um interferem nos resultados do trabalho realizado pela outro.
Além disso, o CIRSOP possui parceria com a FCT/UNESP para a realização de estudos, com um corpo técnico, e poderia ocorrer a continuidade das propostas apresentadas, proporcionando a melhoria das condições ambientais, sociais e econômicas atreladas ao gerenciamento dos RSU no Oeste Paulista.

II. Específica

- **Associação ou cooperativa de catadores em Iepê:** Tendo em vista a quantidade relevante de material reciclável seco na composição gravimétrica dos RSU no município de Iepê, em decorrência da ausência de cooperativa ou associação, é indicado que seja realizada uma associação com os trabalhadores que atuam com reciclagem de materiais no município.

7. CONCLUSÃO

O presente trabalho possibilitou a análise dos resultados da gravimetria dos resíduos sólidos urbanos oriundos da coleta convencional de resíduos nos municípios do CIRSOP. Além disso, atualizou informações sobre a gestão de resíduos nos municípios do CIRSOP e realizou proposições para as próximas ações de gerenciamento de resíduos pelo CIRSOP e pelas Prefeituras Municipais.

No geral, a predominância de matéria orgânica nos resíduos indica a importância da coleta seletiva para a diminuição da porcentagem de materiais recicláveis secos na coleta convencional de resíduos e, possivelmente, para o desvio de aterro. No entanto, para comprovar a maior taxa de reciclagem nos municípios com coleta seletiva, é indicada a realização de estudos em cooperativa como as gravimetrias e formalização de informações qualitativas e quantitativas de materiais coletados e comercializados e os rejeitos da cooperativa.

No município de Iepê, com 28,20% de plástico nos resíduos sólidos coletados, é indicada a implantação de coleta seletiva para redução da quantidade de resíduos recicláveis secos coletados juntamente à matéria orgânica e rejeitos. Nos municípios com ocorrência de coleta seletiva pelas cooperativas, é recomendado que ocorram ações de educação indicadas no FIGIRS ou em Plano Municipal ou Regional de Educação Ambiental para melhoria do mesmo descarte e coleta seletiva.

Dessa forma, o estudo concluiu que para melhoria do manejo de RSU, os indicadores de desvio de resíduos de aterro e de recuperação de recicláveis propostos pelo Plano Intermunicipal de Gestão Integrada de Resíduos Sólidos FIGIRS-CIRSOP e pelo Projeto FEP/CAIXA devem ser monitorados pela gravimetria dos resíduos, principalmente das cooperativas.

8. REFERÊNCIAS

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **ABNT. NBR 10.004:** Resíduos sólidos: classificação. Rio de Janeiro: ABNT, 2004a.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **ABNT. NBR 10.007:** Amostragem de resíduos sólidos. Rio de Janeiro: ABNT, 2004b.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE LIMPEZA PÚBLICA E RESÍDUOS ESPECIAIS. Panorama dos Resíduos Sólidos no Brasil 2020. ABRELPE, 2020. Disponível em: https://edisciplinas.usp.br/pluginfile.php/7212936/mod_resource/content/1/Panorama-2020-V5-unicas%20%282%29.pdf. Acesso em: 26 de nov. de 2024.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE RESÍDUOS E MEIO AMBIENTE. Panorama dos Resíduos Sólidos no Brasil 2023. ABREMA: 2023. Disponível em: <https://www.abrema.org.br/panorama/>. Acesso em: 22 de ago. de 2024.

BRASIL. Lei n. 12.305, de 2 de agosto de 2010. Institui a Política Nacional de Resíduos Sólidos; altera a Lei no 9.605, de 12 de fevereiro de 1998; e dá outras providências. Brasília, DF, ago. 2010.

BRASIL. Lei n. 14.026 de 15 de julho de 2020. Atualiza o marco legal do Saneamento básico. Diário Oficial da República Federativa do Brasil, Poder Executivo, Brasília, DF, jul. 2020.

BRASIL. Ministério do Meio Ambiente. Plano Nacional de Resíduos Sólidos. 2022. Disponível em: <https://sinir.gov.br/>. Acesso em: 24 de jul. de 2024.

CANDIDO. S. E. A. **Emergência e dinâmicas das práticas de reciclagem de PET no BRASIL:** Múltiplos campos e embates de valores. 2016. Tese (Doutorado em Engenharia de Produção) – Universidade Federal de São Carlos, São Carlos, 2016. Disponível em: <https://repositorio.ufscar.br/handle/ufscar/7880>. Acesso em: 26 de novembro de 2024.

CETESB. Inventário Estadual de Resíduos Sólidos Urbanos 2023. São Paulo: 2024. Disponível em: <https://cetesb.sp.gov.br/residuossolidos/wp-content/uploads/sites/26/2024/05/Inventario-Estadual-de-Residuos-Solidos-Urbanos-no-Estado-de-Sao-Paulo-2023.pdf>. Acesso em 09 de set. de 2024.

CIRSOP. Resíduos Sólidos. 2024. Disponível em: <https://www.cirsop.sp.gov.br/perguntas-frequentes>. Acesso em: 26 de nov. de 2024.

COLTRO, L.; GASPARINO, B. F.; QUEIROZ, G. DE C. Reciclagem de materiais plásticos: a importância da identificação correta. **Polímeros**, v. 18, n. 2, p. 119–125, jun. 2008. Disponível em: <https://doi.org/10.1590/S0104-14282008000200008>. Acesso em: 04 de out. de 2024.

FUNDAÇÃO ESTADUAL DO MEIO AMBIENTE (2019). Cartilha de Orientações: estudo gravimétrico de resíduos sólidos urbanos. Belo Horizonte: Fundação Estadual do Meio Ambiente, 2019, 27 p.: il. Disponível em: <https://www.gesois.org.br/novo/anexos/fc102bccdfd469a876018fd6cc2bb248..pdf> . Acesso em: 03 de out. de 2024.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. Áreas Territoriais 2022a. Disponível em: <https://www.ibge.gov.br/geociencias/organizacao-do-territorio/estrutura-territorial/15761-areas-dos-municipios.html?t=acesso-ao-produto&c=3548302>. Acesso em: 03 de out. de 2024.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. Censo Demográfico. 2022b. Disponível em: <https://www.ibge.gov.br/estatisticas/sociais/trabalho/22827-censo-demografico-2022.html>. Acesso em: 09 de set. de 2024.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. Malha Municipal 2022c. Disponível em: <https://www.ibge.gov.br/geociencias/organizacao-do-territorio/malhas-territoriais/15774-malhas.html>. Acesso em: 26 de nov. de 2024.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. Produto Interno Bruto – PIB. 2021. Disponível em: <https://www.ibge.gov.br/explica/pib.php>. Acesso em: 26 de nov. de 2024

LOGAREZZI, A. J. M. Contribuições conceituais para o gerenciamento de resíduos sólidos e ações de educação ambiental. In: LEAL, A. C. et al. (Org.) Resíduos sólidos no Pontal do Paranapanema. Presidente Prudente: Antônio Thomaz Júnior, 2004. p. 221-246.

MONTEIRO, J. H. P. *et al.* Manual de gerenciamento integrado de resíduos sólidos. Rio de Janeiro: IBAM, 2001, 200p.

NUNES R.R.; SILVA, R. A. P. da S.; Transbordo de resíduos sólidos. Revista Pensar Engenharia v.3, n.1, jan. de 2015.

PLANO INTERMUNICIPAL DE GESTÃO INTEGRADA DE RESÍDUOS SÓLIDOS. Consórcio Intermunicipal de Resíduos Sólidos do Oeste Paulista (CIRSOP). Realização Fundação para o Desenvolvimento da UNESP (FUNDUNESP), Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho” (UNESP) Faculdade de Ciências e Tecnologia (FCT), Presidente Prudente: CIRSOP, 2020.

REZENDE, J. H. et al. Composição gravimétrica e peso específico dos resíduos sólidos urbanos em Jaú (SP). **Eng. Sanit. Ambient.**, v. 18, n. 1, p. 1-8. mar. 2013. <https://doi.org/10.1590/S1413-41522013000100001>.

RODRIGUES, M. A.; ISMAIL, K. A. R.; LINO, F. A. de M. Análise da composição gravimétrica dos resíduos sólidos urbanos da cidade de Manaus – AM. **Revista**

Foco, Curitiba – PR, v. 16, n. 6, e2247, e.p.01-27, 2023. DOI:
<https://doi.org/10.54751/revistafoco.v16n6-068>.

SILVA, O. I. Publicado Edital da concorrência pública para concessão de resíduos sólidos urbanos, 18 de nov. 2024. Disponível em:
<https://www.cirsop.sp.gov.br/noticias/visualizar/572>. Acesso em: 25 de novembro de 2024.

SOARES, E. L. S. F. Estudo da caracterização gravimétrica e poder calorífico dos resíduos sólidos urbanos. Dissertação de Mestrado. Programa de Pós-graduação em Engenharia Civil, COPPE. Universidade Federal do Rio de Janeiro. Rio de Janeiro. 2011. 133 p.

VILHENA, A. (coord.). LIXO MUNICIPAL: Manual de Gerenciamento Integrado. 4. ed. São Paulo (SP): Cempre, 2018. Disponível em:
http://cempre.org.br/upload/Lixo_Municipal_2018.pdf. Acesso em: 19 de dez. de 2024.